

RØROSBANEN 1011 HALTDALEN-STØREN

KM 493,59 - 494,86 SKREDSIKRINGSTILTAK RØROSBANEN LITLØYA - GRANØYLANDET

Skredrapport

02A	Detaljprosjektering, rettet etter tilbakemeldinger fra oppdragsgiver	2026-09-15	ErlAlv	OlaRos	OlaRos	
01A	Detaljprosjektering av fanggjerde	2026-06-26	ErlAlv	GunHAA	OlaRos	
00A	Skredfarevurdering	2026-02-06	ErlAlv	GunHAA	OlaRos	
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av	
Rørosbanen 1011 Haltdalen - Støren km 493,59 - 494,86 Litløya – Granøylandet Skredrapport		Ant. sider	Fritekst 1d			
		185	Fritekst 2d			
			Fritekst 3d			
		Produsent	Norconsult 			
		Prod. dok. nr.	52506822-06			
		Erstatning for	-			
		Erstattet av	-			
60033315: K017709 Skredsikringstiltak Rørosbanen		Dokument nr.			Rev.	
		POM-00-A-07529			02A	
		Dokument nr.			Rev.	

1	INNLEDNING.....	4
1.1	BAKGRUNN OG HENSIKT	4
1.2	UTFØRTE UNDERSØKELSER	5
1.3	GJELDENE RETNINGSLINJER OG STYRENDE DOKUMENTER	5
1.3.1	<i>Skredfarevurdering</i>	5
1.3.2	<i>Detaljprosjektering</i>	6
1.4	GRUNNLAGSMATERIALE	7
1.5	FORUTSETNINGER FOR SKREDFAREVURDERINGEN	8
2	OMRÅDEBESKRIVELSE	9
2.1	GEOGRAFI.....	9
2.2	TOPOGRAFI OG HELNING	9
2.3	SKOG.....	12
2.4	VANNVEIER	14
2.4.1	<i>Markfuktighetskart</i>	14
2.4.2	<i>Dreneringsanalyse</i>	15
2.4.3	<i>Observasjon av vannveier</i>	16
2.5	BERGGRUNN OG LØSMASSER	16
2.6	AKTSOMHETSKART	17
2.7	SKREDHISTORIKK	19
2.8	EKSISTERENDE SKREDFAREVURDERINGER.....	23
2.9	EKSISTERENDE SIKRINGSTILTAK	25
2.10	KLIMA	25
2.10.1	<i>Nedbør</i>	26
2.10.2	<i>Snø</i>	27
2.10.3	<i>Vind</i>	28
2.10.4	<i>Endring i klima</i>	28
3	OBSERVASJON	30
3.1	BEFARINGSOBSERVASJONER	30
3.2	OBSERVASJONER FRA FLYFOTO OG SKYGGERELIEFF	31
3.3	EKSISTERENDE SIKRINGSTILTAK	34
4	MODELLERING	36
4.1	SIMULERING AV FLOMSKRED I RAMMS DEBRIS FLOW	36
4.1.1	<i>Parametervalg og utført simulering</i>	36
4.1.2	<i>Resultater fra simulering</i>	37
5	SKREDFAREVURDERING.....	41
5.1	STEINSPRANG	41
5.2	STEINSKRED	41
5.3	JORDSKRED	42
5.4	FLOMSKRED.....	43
5.5	SNØSKRED.....	44
5.6	SØRPESKRED.....	45
5.7	SAMLET SKREDFARE.....	46
6	VURDERING AV SIKRINGSTILTAK.....	47
6.1	ANBEFALT SIKRINGSLØSNING	49
7	PROSJEKTERING AV SIKRINGSTILTAK.....	50
7.1	GJELDENE RETNINGSLINJER OG STYRENDE DOKUMENTER	50
7.1.1	<i>Standarder og regelverk</i>	50
7.1.2	<i>Geoteknisk kategori, pålitelighetsklasse og kontrollklasse</i>	50
7.2	FUNKSJONSKRAV.....	51
7.2.1	<i>Levetid</i>	51
7.2.2	<i>Kvalitetssikring</i>	51
7.3	DETALJPROSJEKTERING AV FANGGJERDE MOT JORDSKRED	51

7.3.1	Type gjerde	51
7.3.2	Dimensjonering	52
7.3.3	Plassering	54
7.3.4	Grunnforhold	58
7.3.5	Forankring	59
7.3.6	Felling av trær og fjerning av vegetasjon	60
7.3.7	Montering	60
7.3.8	Kvalitet	60
7.3.9	Dokumentasjon og sjekklister	61
7.3.10	Dimensjonering for andre skredtyper og laster	61
7.3.11	Prøvetrekking	61
7.4	SIKKERHET VED UTFØRELSE – VURDERING AV SKREDFARE I ANLEGGSFASEN	62
7.5	DRIFT OG VEDLIKEHOLD	62
7.6	RESTRISIKO	63
7.7	ANDRE FORHOLD	64
7.7.1	Høyspent	64
7.7.2	Verneområder	64
7.7.3	Byggesøknad	64
7.7.4	Eiendomsforhold	64
8	REFERANSER	65

Vedlegg 1: Bilder fra befaringen

Vedlegg 2: Registreringskart

Vedlegg 3: Fanggjerdetrasé

Vedlegg 4: Beregning forankring enkeltstag i berg

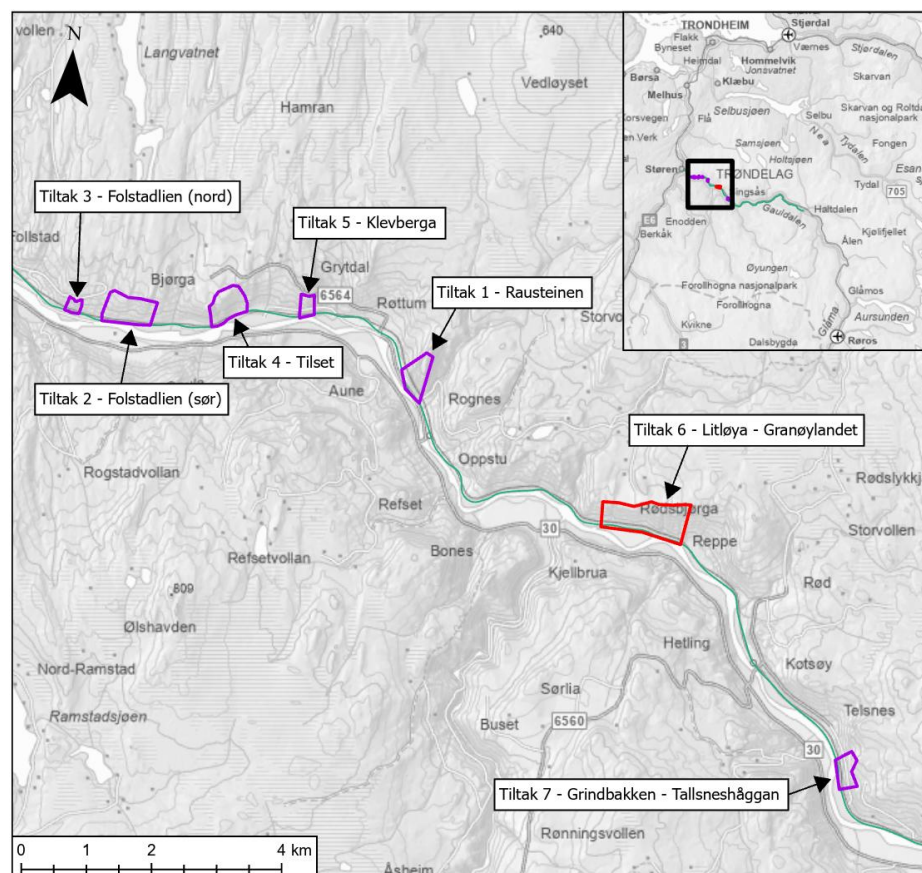
1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn og hensikt

Norconsult Norge AS (Norconsult) er engasjert av Bane NOR for å utføre skredfarevurdering og detaljprosjektering av skredsikring for 7 tiltaksområder langs Rørosbanen, på banestrekningen Støren – Haltdalen. Bane NORs underbygningsgruppe utførte befaring våren 2025, med utgangspunkt i ingeniørgeologiske og geotekniske rapporter fra 2013 [1] og 2023 [2]. Denne befaringen konkluderte med at det var behov for detaljkartlegging av reel skredfare med følgende prosjektering av sikringstiltak i sideterreng. De syv tiltaksområdene er oppsummert i Tabell 1-1 og vist i Figur 1-1. Denne rapporten omhandler tiltaksområde 6 Litløya - Granøylandet.

Tabell 1-1 Oppsummering av de 7 tiltaksområdene.

Tiltak:	Hvor:	Prioritet:
Tiltak 1	Rausteinen (km 499,44 - 498,85)	Pri 1
Tiltak 2	Folstadlien sør (km 503,85 - km 504,6)	Pri 1
Tiltak 3	Folstadlien nord (km 504,97 - 505,2)	Pri 1
Tiltak 4	Tilset (km 502,3 - 502,63)	Pri 1
Tiltak 5	Klevberga (km 501,25 - 501,48)	Pri 2
Tiltak 6	Litløya - Granøylandet (km 493,59 - 494,86)	Pri 3
Tiltak 7	Grindbakken - Tallsneshåggan (km 488,9 - 489,36)	Pri 4

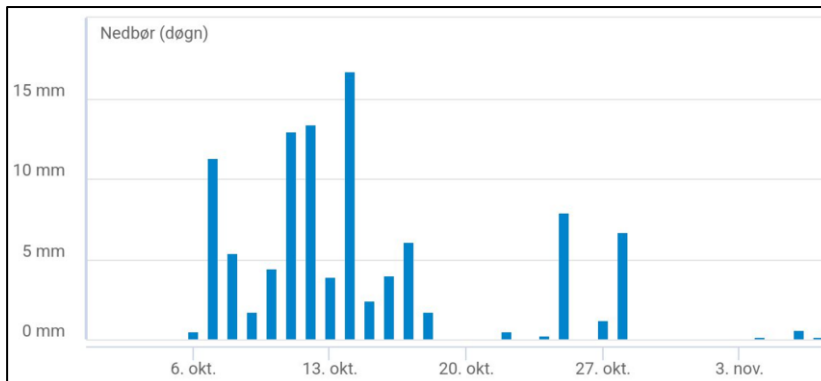


Figur 1-1: Oversiktskart over de 7 tiltaksområdene. Rødt område markerer Litløya - Granøylandet som er omtalt i denne rapporten.

1.2 Utførte undersøkelser

Det ble utført befaring 6. november 2025 av ingeniørgeologene Erlend Alvestad, Olav Roset, Jonas Kolvik og Ingvar Tyssekvam fra Norconsult. Befaringen ble utført til fots i sideterrenget over jernbanen og med drone.

På befaringsdagen var det pent vær uten nedbør, 3-5 °C, lite vind og tåke i øvre deler av dalsiden. Det var noe nedbør som regn de siste 4 ukene i forkant av befaringen, særlig første halvdel og i slutten av oktober (Figur 1-2). Den siste uken før befaringen var det lite nedbør.



Figur 1-2 Registrert nedbør som regn for værstasjonen Kotsøy ved 243 moh. fra og med 1. oktober til og med befaringsdagen 6. november [3]. Værstasjonen er lokalisert ca. 2,5-3,5 km sør/sørøst for tiltaksområdet.

1.3 Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter

1.3.1 Skredfarevurdering

Følgende regelverk og styrende dokumenter gjelder for skredfarevurderingen og detaljprosjekteringen:

- Teknisk regelverk Bane NOR, Bane NOR, 2025 [4].

I tillegg er følgende veileder benyttet som utgangspunkt:

- Utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng - utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak, NVE, 2025 [5].

I henhold til Bane NOR tekniske regelverk TRV:08267 [4] skal det for ny jernbane utenfor stasjonsområder vurderes i henhold til retningslinjer gitt i Byggteknisk forskrift (TEK 17) §7-3 [6] for sikkerhetsklasse S1. Det betyr at ny jernbane skal plasseres på trygg side av faresone for skred med største nominelle årlige sannsynlighet på 1/100. I områder hvor «100-årsskredet» kan nå jernbanen, skal fysiske sikringstiltak bygges.

Norconsult har fått i oppdrag å vurdere skredfare tilsvarende som for ny jernbane, det vil si at største nominelle årlige sannsynlighet for skred skal være 1/100. For de områdene som er vurdert hvor nominell årlig sannsynlighet for skred er større enn 1/100 skal det anbefales sikringstiltak. For de områdene hvor årlig sannsynlighet for skred er mindre enn 1/100 skal det ikke anbefales sikringstiltak.

Sannsynlighet for skred benyttes tilsvarende som i Statens vegvesens håndbok N200 [7], bare for jernbane, det vil si årlig sannsynlighet for at skred skal treffe jernbane. Med skred menes hendelser som har potensial til å stenge jernbanen eller

føre til ulykker. Sannsynlighet for skred vurderes for det enkelte skredløp. For skred som ikke følger markerte skredløp, som for eksempel steinsprang, gjøres det en skjønnsmessig vurdering av skredets utstrekning. Sannsynlighet for skred kan vanligvis ikke beregnes eksakt, men baseres på beregninger og faglig skjønn. Dette kalles nominell sannsynlighet.

1.3.2 Detaljprosjektering

Skredfaglig prosjektering, er i dag omtalt i et fåtall av lovverk, forskrifter, standarder og veiledere. Dette gjør at begrepet geoteknikk i stor grad blir benyttet selv om prosjekteringen i dette tilfelle stort sett er knyttet opp mot skredtekniske problemstillinger.

Det er en rekke forskrifter, veiledninger, standarder som kan anvendes som hjelpemiddel for dimensjonering og prosjektering av skredsikring. Følgende standarder er brukt i dette tilfelle for fastsetting av prinsipper og krav for konstruksjoners sikkerhet, brukbarhet og bestandighet:

- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurocode 0)
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016, Del 1 Allmenne regler (Eurocode 7)

En av merknadene i Eurokode 0 og Eurokode 7 er at prosjektering (og så vidt også dimensjonering) av spesielle byggverk kan kreve andre tiltak enn de som standardene omfatter. Dette gjelder blant annet dimensjonering og prosjektering av sikringsgjerdar som har som formål å sikre planområdet mot skredfare. Slike tiltak er ikke beskrevet i standarden. Standarden gir også mulighet til å bruke andre veiledninger, standarder og/eller forskrifter hvis de finnes. I dette fagfeltet har mye blitt dokumentert i Alpelandene og veiledninger og standarder derfra benyttes også i Norge.

Skredfaglig prosjektering av sikringstiltak blir i dag omtalt i sikringshåndboka til NVE [8]. For detaljprosjektering av sikringstiltak gjelder følgende regelverk i henhold til sikringshåndboka:

- Sikkerhet mot skred i bratt terreng:
 - Byggteknisk forskrift (TEK17) kapittel 7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger [6].
 - NVE (2020) Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng [5].
- Norsk regelverk, relevante Eurokoder og veiledninger:
 - Forskrift om byggesak (SAK10)
 - Direktoratet for byggkvalitet Utbygging i fareområder – temaveileder.
 - Byggteknisk forskrift (TEK17) §10-2 Konstruksjonssikkerhet:
 - NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0 - Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner).
 - NS-EN 1991-1:2002 + NA:2008 (Eurokode 1).
 - NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016, Del 1 Allmenne regler (Eurokode 7 – Geoteknisk prosjektering).
 - Norsk bergmekanikkgruppe (2011) Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering.

- Regelverk på jernbane: Bane NOR – Teknisk regelverk TRV:08110 og TRV:08267 (henviser til TEK17 TEK17 §7-3) [9].

I tillegg er følgende dokumenter benyttet i forbindelse med detaljprosjekteringen:

- Veiledning fra Statens vegvesen: Erfaringsrapport om oppsett av fanggjerdar [10].
- Statens vegvesen, «Håndbok V139 flom og sørpeskred [11].
- Den europeiske standarden Flexible kits for retaining debris flows and shallow landslides/open hill debris flows, EAD 340020-00-0106 [12].
- R761 Prosesskoden Standard beskrivelsestekster for veger, tunneler, bruer og kaier, Statens vegvesen, 2025 [13].

1.4 Grunnlagsmateriale

Denne vurderingen er basert på følgende tilgjengelige grunnlagsdata:

- Digital høydemodell med 1 m oppløsning (nasjonal høydemodell) [14].
- Tilgjengelige flybilder fra 1956 til og med 2022 [15].
- Berggrunnskart og kvartærgeologiske kart (løsmassekart) fra NGU [16].
- Faresoner for skred i bratt terreng og fjellskred, skredhendelser og aktsomhetskart for steinsprang, jord- og flomskred og snøskred fra NVE atlas [17] [18]
- Skogsdata og markfuktighetskart fra NIBIO [19].
- Deformasjonsmålinger hentet fra InSAR Norway [20].

Denne vurderingen bygger i tillegg videre på følgende rapporter:

- Skredfarekartlegging Område Nord, Trøndelag og Innlandet, skredrapport med nytte-kostvurdering (Skred AS) [2].
- Skredfarekartlegging Rørosbanen, detaljert nivå. Stensli (km 442) – Støren (km 510) (Sweco) [1].

1.5 Forutsetninger for skredfarevurderingen

Denne skredfarevurderingen tar utgangspunkt i terreng-, klima- og vegetasjonsforholdene slik de er på utredningstidspunktet.

Skredfarevurderingen benytter metodikk, kunnskap og verktøy som da er tilgjengelig. Ifølge veileder [2] kan det være behov for ny skredfarevurdering om forutsetningene endres. Eksempler på endrede forutsetninger som kan utløse behov for ny vurdering er blant annet nye skredhendelser, nye opplysninger om tidligere skredhendelser som ikke tidligere har vært kjent, endret terrengforhold (eks. sikringstiltak, terrenginngrep), endrede vegetasjonsforhold (eks. flatehogst), endrede hydrologiske forhold (eks. grøfter, skogveier). Andre forhold kan være at det oppdages tydelige feil og mangler i tidligere skredfarevurdering eller at ny metodikk blir tilgjengelig.

Kartleggingen omfatter ikke vurdering av:

- Fyllinger, skjæringer (løsmasse og berg), murer eller andre antropogene elementer som kan medføre fare.
- Områdestabilitet mtp. kvikkleire eller sikringstiltak mot dette.
- Mekanisk motstandsevne og stabilitet for byggverk i tiltaksområdet (TEK17 §10 [6]).
- Vurdering av flomfare, kapasitet på stikkrenner eller annen håndtering av overvann.

Flomrelaterte prosesser langs bekkeløpene kan ikke utelukkes, og er ikke vurdert i foreliggende rapport.

2 OMRÅDEBESKRIVELSE

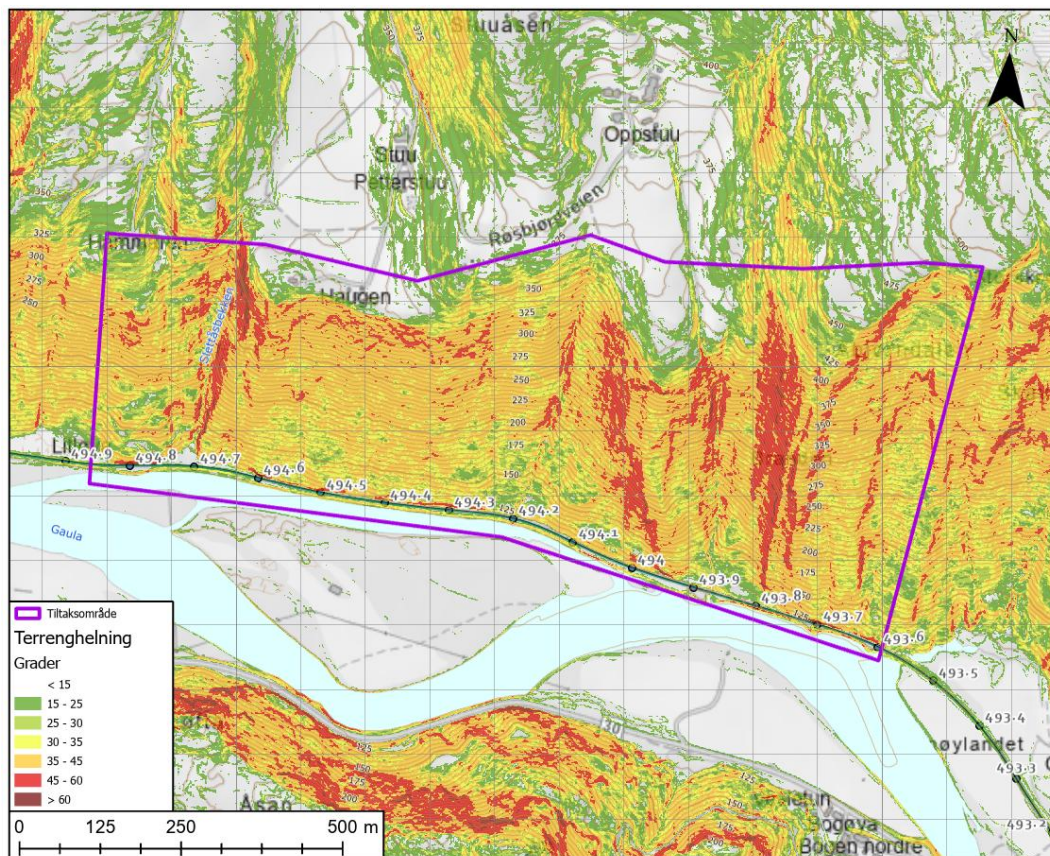
2.1 Geografi

Jernbanestrekningen Litløya - Granøylandet (ca. km 493,59-494,86) er lokalisert i midtre deler av Gauldalen like sør for Støren. Strekningen går på nordsiden av dalføret, nord for elven Gaula og på motsatt side av dalføret i forhold til fylkesvei 30.

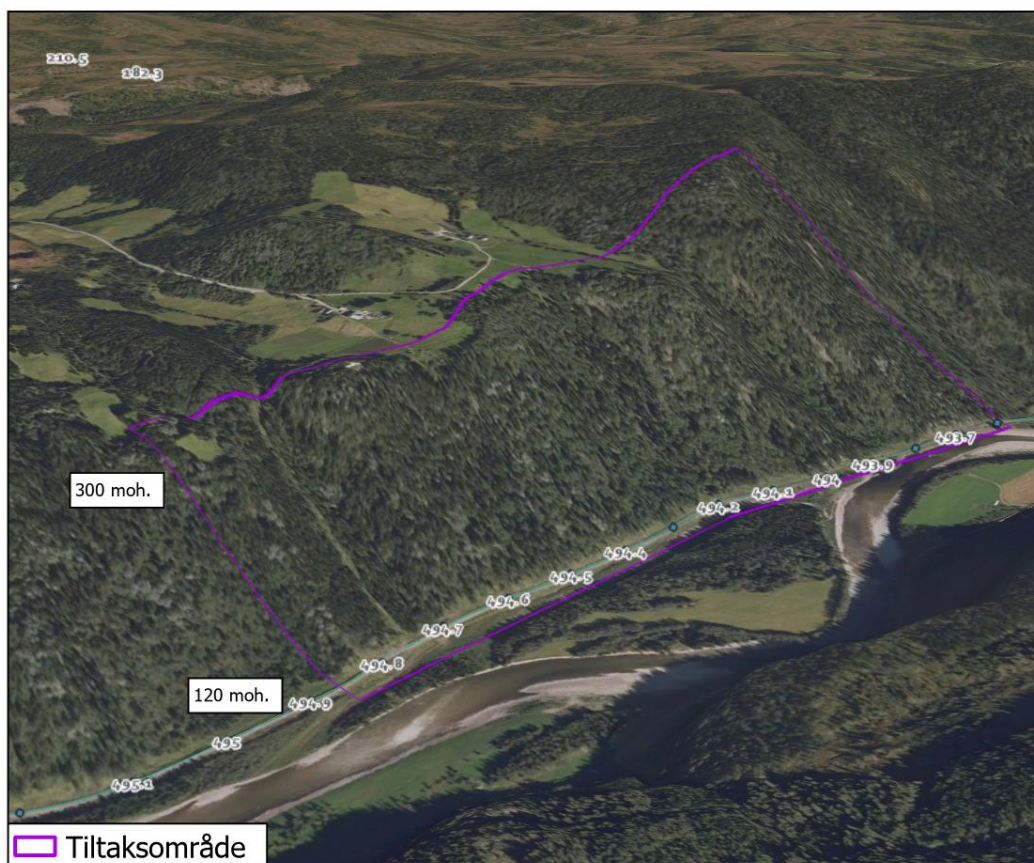
2.2 Topografi og helning

Togstrekningen på ca. 1,27 km går langs foten av en relativt bratt dalside. Dalsiden går opp til ca. 325-350 moh. i tiltaksområdet, foruten i den østlige enden hvor det går opp til ca. 450 moh. Da jernbanen går ved ca. 120 moh. er den totale høydeforskjellen ca. 200-230 m, og ca. 330 m i den østlige enden.

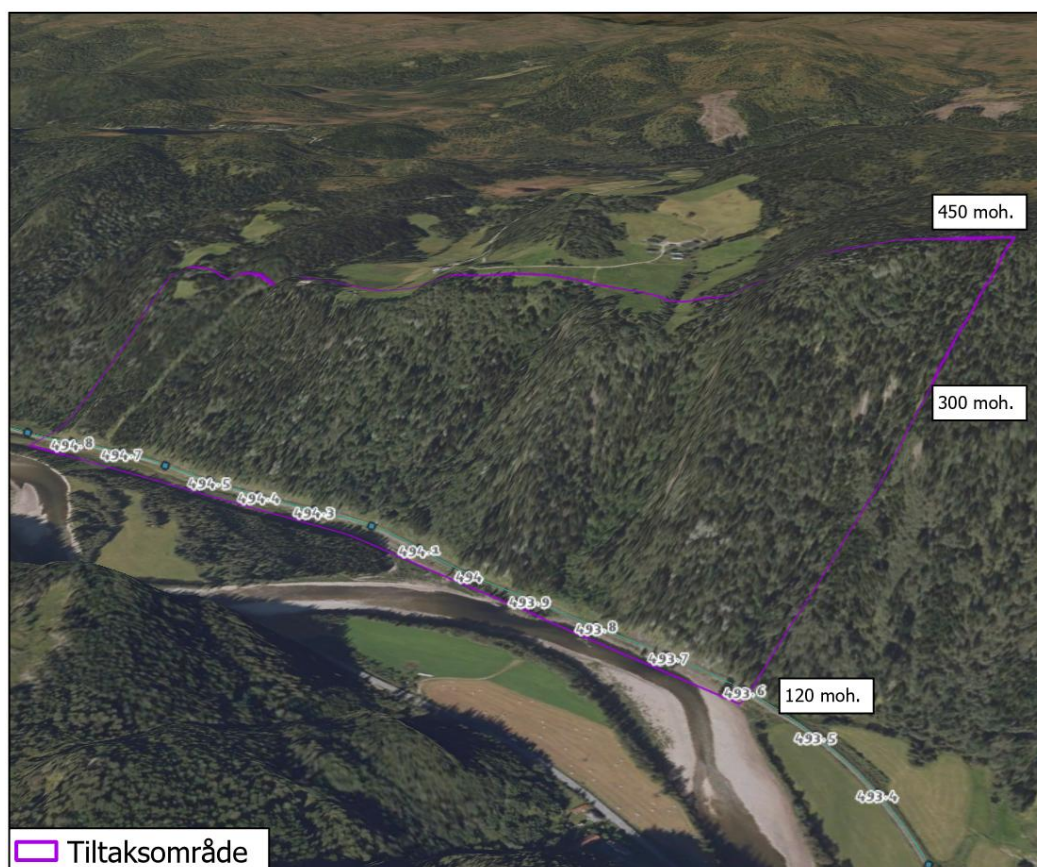
Dalsiden er langs hele strekningen sørvendt og relativt jevnt bratt, med en helning som stort sett er mellom 30 og 45 grader. Den er noe slakere helt nede ved jernbanen med helning på ca. 25-35 grader og noe brattere i øvre deler med helning over 35 grader. Enkelte steder er helningen over 45 grader. Dalsiden domineres av markante forsenkninger som går parallelt med fallretningen, med bratte sideskråninger med helning over 45 grader. Fra ca. 350 moh. og fra ca. 450 moh. i den østlige enden er det en relativt brå overgang fra bratt til slakt terreng mot nord. Videre mot nord faller terrenget relativt slakt mot nord, med helning stort sett under 15 grader. Figur 2-1 viser terrenghelningskart over tiltaksområdet, Figur 2-2 og Figur 2-3 viser tredimensjonale ortofoto og Figur 2-4, Figur 2-5 og Figur 2-6 viser oversiktsbilder med drone over tiltaksområdet.



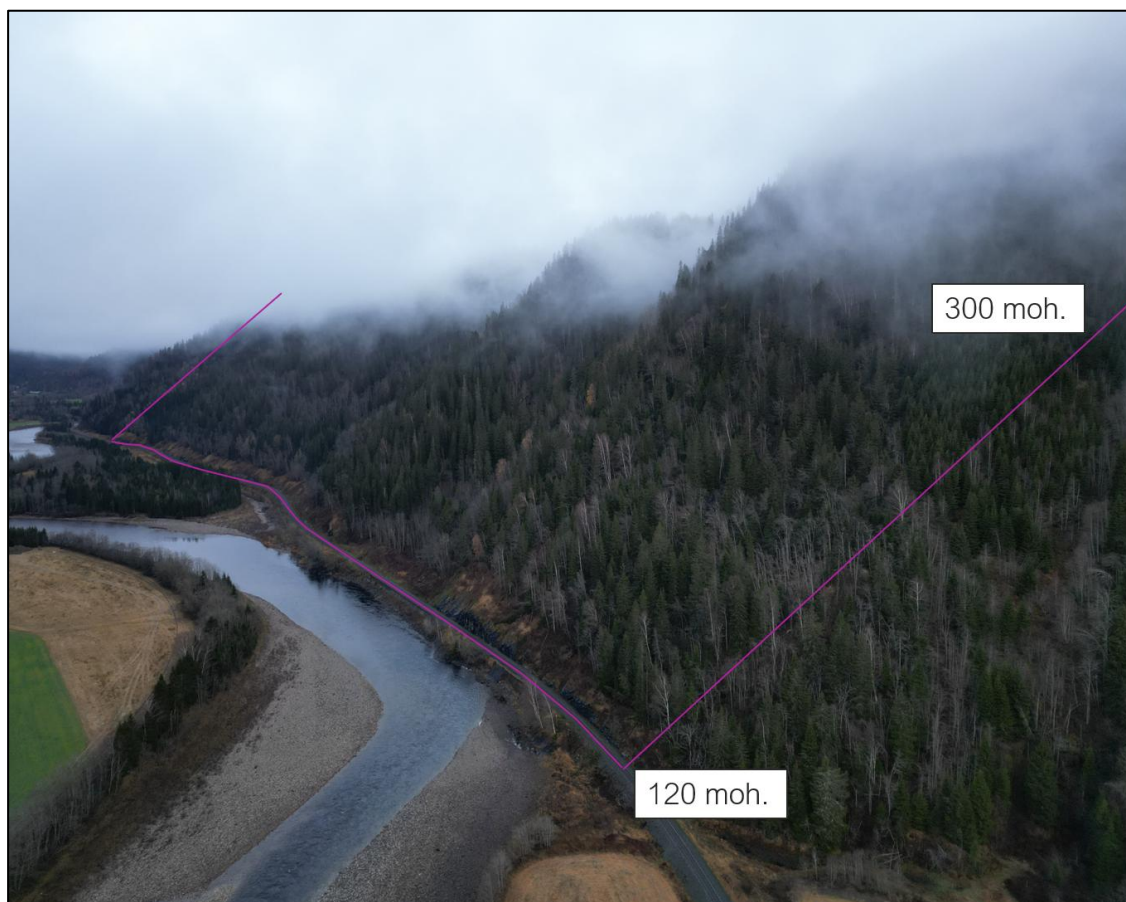
Figur 2-1 Terrenghelningskart over tiltaksområdet.



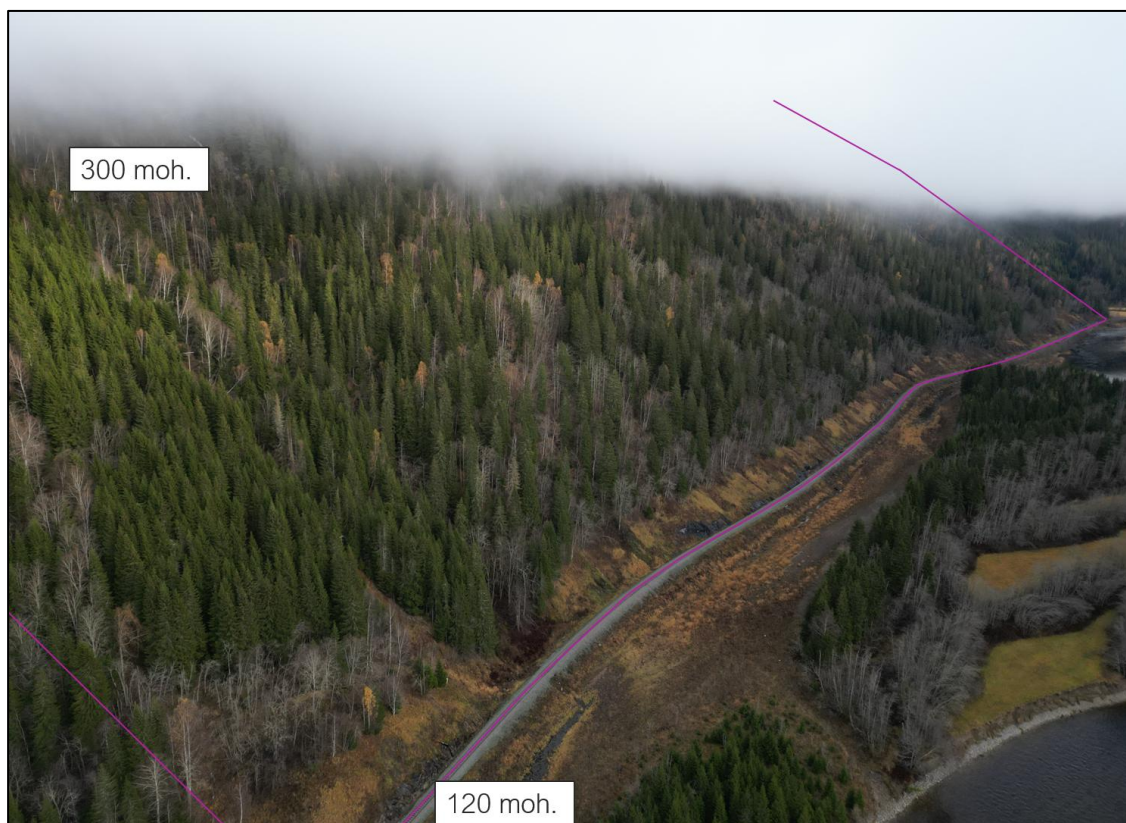
Figur 2-2 Tredimensjonalt ortofoto over tiltaksområdet, sett mot nordøst.



Figur 2-3 Tredimensjonalt ortofoto over tiltaksområdet, sett mot nordvest.



Figur 2-4 Dronebilde av tiltaksområdet (lilla polygon), sett mot vest/nordvest.



Figur 2-5 Dronebilde av tiltaksområdet (lilla polygon), sett mot nordøst.

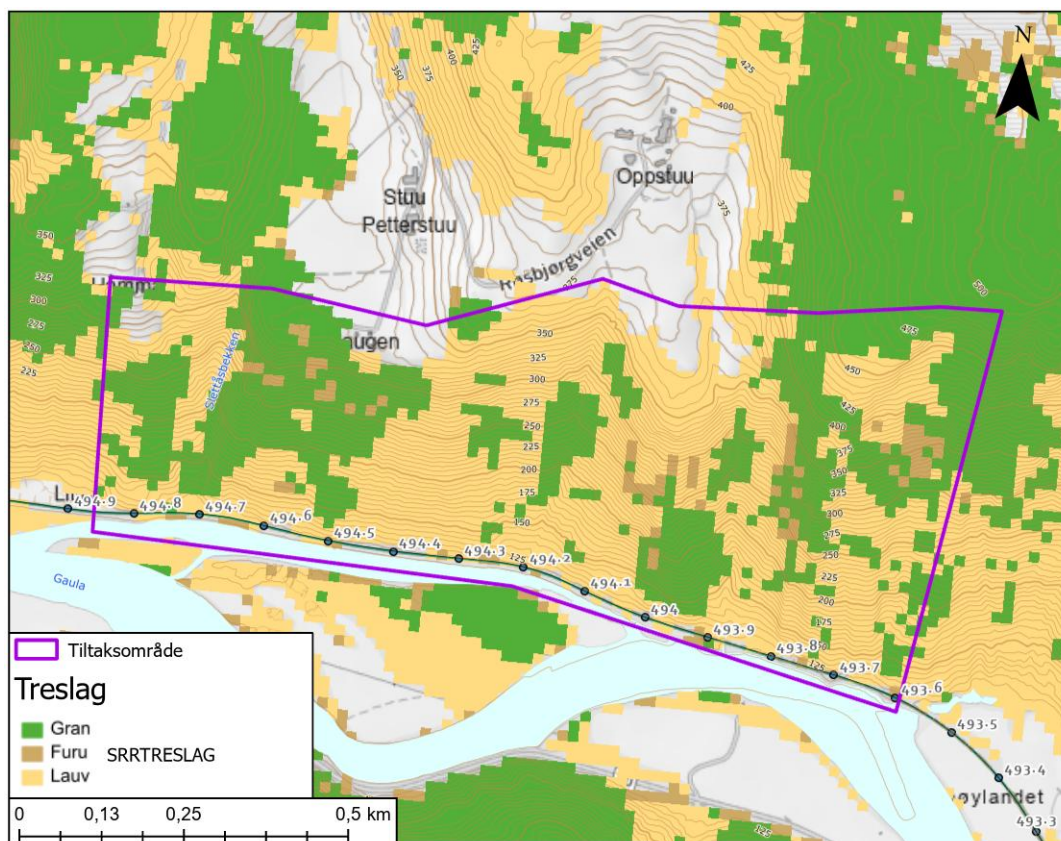


Figur 2-6 Dronebilde av øvre deler av dalsiden (lilla polygon), hvor det er en relativt brå overgang fra bratt til slakt terreng mot nord. Terrenget faller slakt mot nord. Sett mot øst.

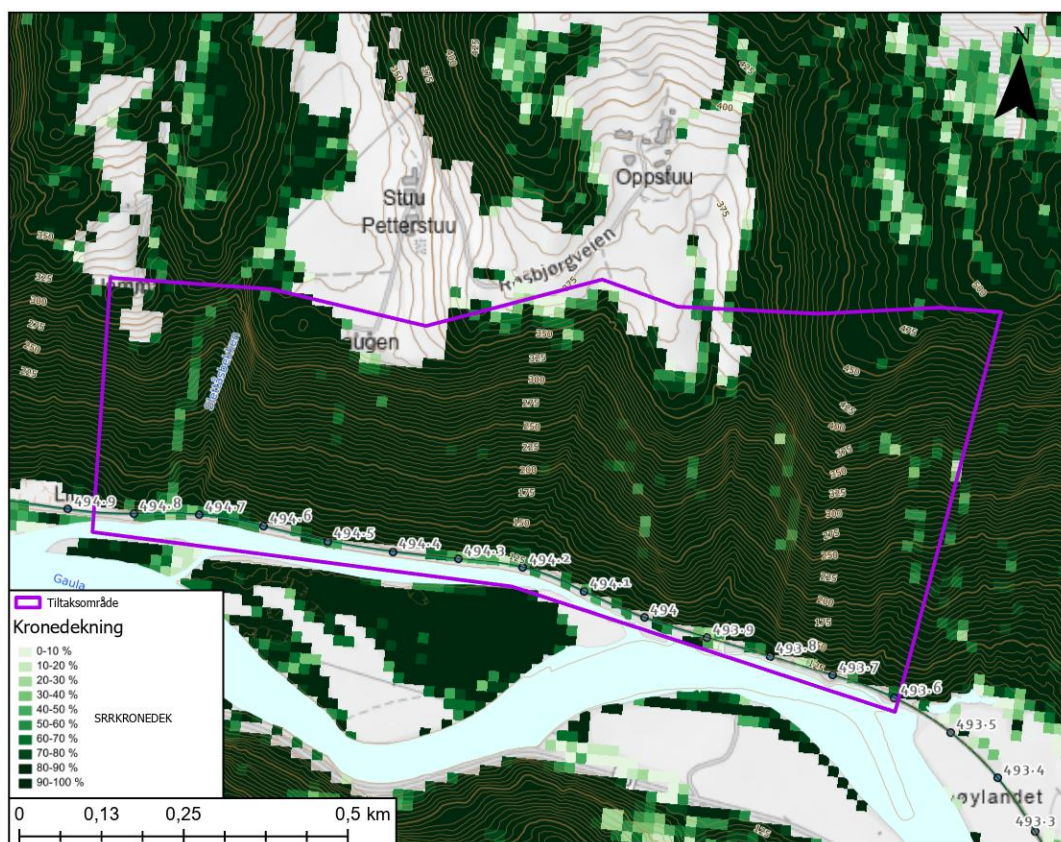
2.3 Skog

Skogskart fra NIBIO [19] antyder at dalsiden består av sammenhengende felter med mest løvdominert skog og felt med mest grandominert skog. Kartene antyder at det er flest sammenhengende felt med grandominert skog i vestlig og østlig del og flest felt med løvdominert skog i midtre del av tiltaksområdet. Kartet antyder at det er små innslag av furuskog noen steder i dalsiden. Kartene antyder videre kronedekning som stort sett er 80-90 % eller høyere, og at det er noen felt uten særlig skog øverst i dalsiden hvor det flater ut mot nord. Figur 2-7 viser kart med treslag og Figur 2-8 kart med kronedekning fra NIBIO.

Skogskartene fra NIBIO stemmer relativt godt med observasjoner fra befaringen. Det er utført flatehogst i et felt langs jernbanen opp til ca. 20-30 m over jernbanen, ut fra flybilder ser det ut til at dette er utført mellom 2016 og 2021 [15]. I vestenden er det ryddet en smal trasé langs ei kraftlinje oppover dalsiden. Øverst i dalsiden hvor det flater ut mot nord er det jordbruksareal uten skog. Skogen i den vestlige delen er noe yngre med tynnere trær, da dette området på 50- og 60-tallet var helt fri for skog som nå har vokst opp igjen (se eksempel i infopunkt 6.105). Det samme gjelder et smalt felt helt øst i tiltaksområdet og like øst for tiltaksområdet, hvor det trolig ble utført flatehogst på slutten av 90-tallet som nå har vokst til igjen.



Figur 2-7 Kart fra NIBIO som viser treslag over tiltaksområdet [19].



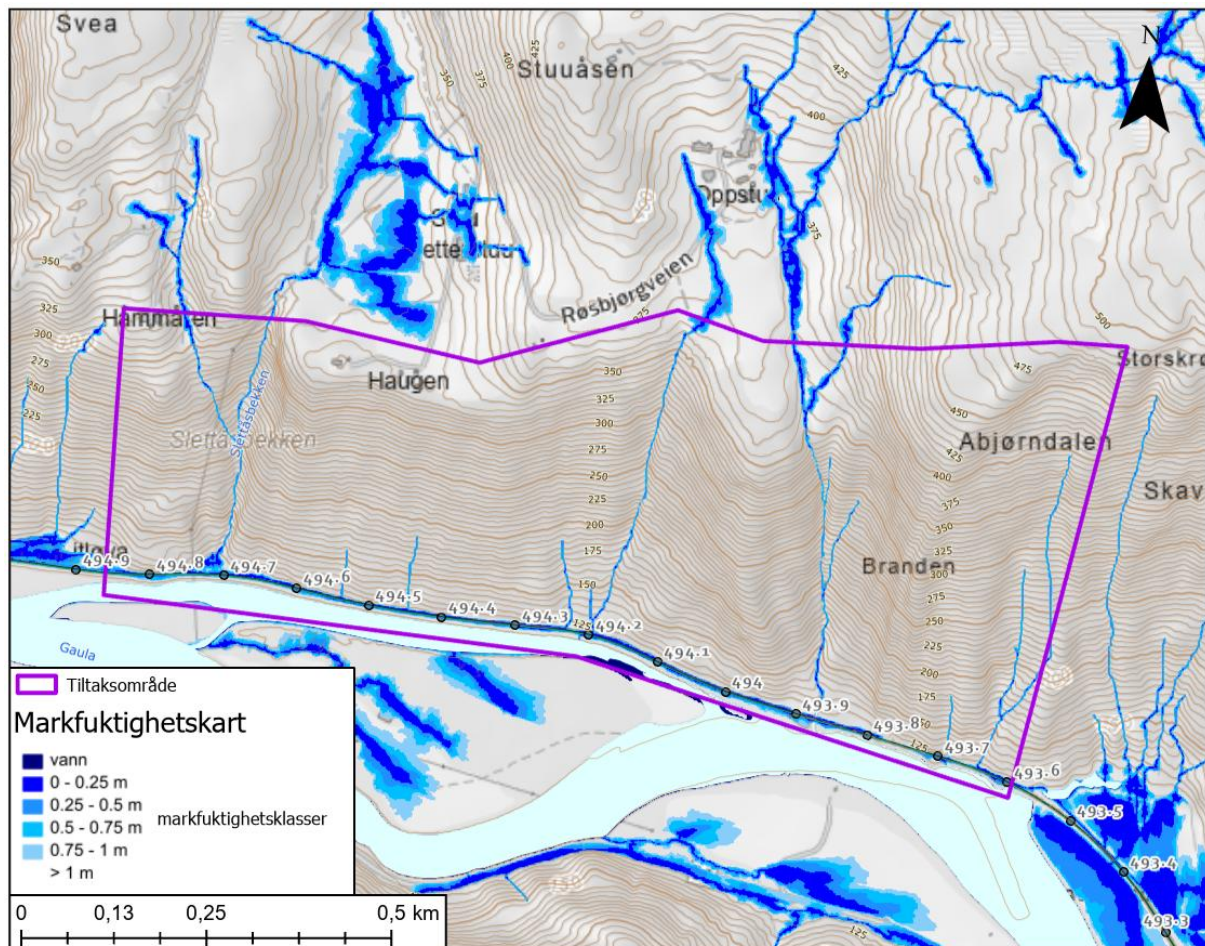
Figur 2-8 Kart fra NIBIO som viser kronedekning i tiltaksområdet [19].

2.4 Vannveier

2.4.1 Markfuktighetskart

Markfuktighetskartet (Figur 2-9) antyder at mesteparten av vannet fra terrenget over tiltaksområdet i hovedsak vil dreneres ned til og langs de mest definerte forsenkningene. I tillegg viser kartet at det vil være potensiale for opphopning av vann i et relativt stort område ved Haugen og Stuu Peterstuu over vestlig del av tiltaksområdet og noe mindre i området ved Oppstuu over midtre og østlig del av tiltaksområdet. Kartet viser videre at vannet mellom disse forsenkningene i hovedsak vil være avrenning lokalt i dalsiden med et svært begrenset nedbørsfelt.

Markfuktighetskartet antyder opphopning av vann langs grøften til jernbanen, men tar ikke høyde for stikkrennene som vil lede vannet under jernbanen. Det samme gjelder ved Haugen og Stuu Peterstuu, hvor markfuktighetskartet i praksis betrakter stikkrennen/åpningen/bruen under en veg som tett, noe som medfører opphopning av vann i dette området. Kartet antyder at mye av vannet i området nord for tiltaksområdet vil drenere mot elva Storburu som renner ut i elva Gaula ca. 0,5 km vest for tiltaksområdet, og at vannet i tiltaksområdet stammer fra et relativt begrenset nedbørsfelt.

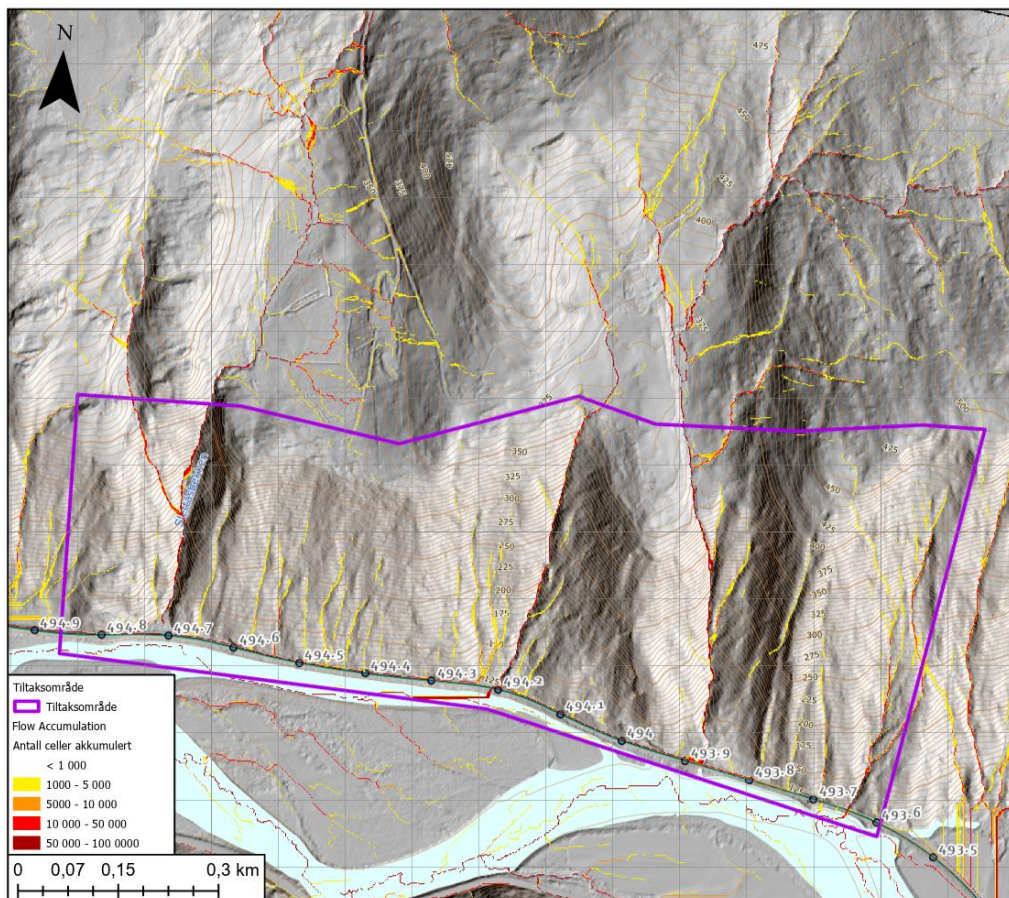


Figur 2-9 Markfuktighetskart fra NIBIO i tiltaksområdet [19].

2.4.2 Dreneringsanalyse

Mulige vannveier er modellert på terrengmodell med oppløsning 1 m. Modellene er kjørt med «fill» funksjon for å se på potensielle vannveier. Vannveiene blir verifisert som bekker eller grøfter. Hensikten er å se hvor vann samler og sprer seg i terrenget, eventuelt der bekker (dvs. terrengmodellen) har lav sikkerhet for overtopping. Benyttet modell er ArcGIS FlowAcc med opsjon på modell for spredning. Formålet er å detektere areal som kan være utsatt for erosjon eller vannmetning under mer ekstreme nedbørhendelser eller stor avrenning i terrenget. Modellen leder vann i grøfter slik at stikkrenner betraktes som blokkert. Vann kan da ta andre veger en tilsiktet. Metoden gir ikke noen sannsynlighet for vann på avveie eller hvordan vann dreneres gjennom ulike materialtype og dens egenskaper, kun indikasjoner på mulige problem. Det er heller ikke lagt inn type løsmasser som vann filtreres gjennom, nedbørsmodell eller stikkrennedimensjoner. Analysen er benyttet som grunnlag i vurderinger av vannmettede skred som jord-, flom- og sørpeskred.

Utført dreneringsanalyse (Figur 2-10) antyder mye av det samme som markfuktighetskartet, at vannveiene som befinner seg over tiltaksområdet vil ledes ned i de mest definerte forsenkningene i tiltaksområdet og at vannet mellom disse forsenkningene i hovedsak vil være avrenning lokalt i dalsiden med et svært begrenset nedbørsfelt. Dreneringsanalysen antyder imidlertid at det er en del potensiale for strømning av vann helt i østlig del av tiltaksområdet, som renner ut ca. ved km 493.6-493.7 på jernbanen. Dreneringsanalysen antyder at vannet i tiltaksområdet stammer fra et relativt begrenset nedbørsfelt.



Figur 2-10 Utført dreneringsanalyse (Flow Accumulation) for tiltaksområdet, som viser mest sannsynlige vannveier basert på terrenget.

2.4.3 Observasjon av vannveier

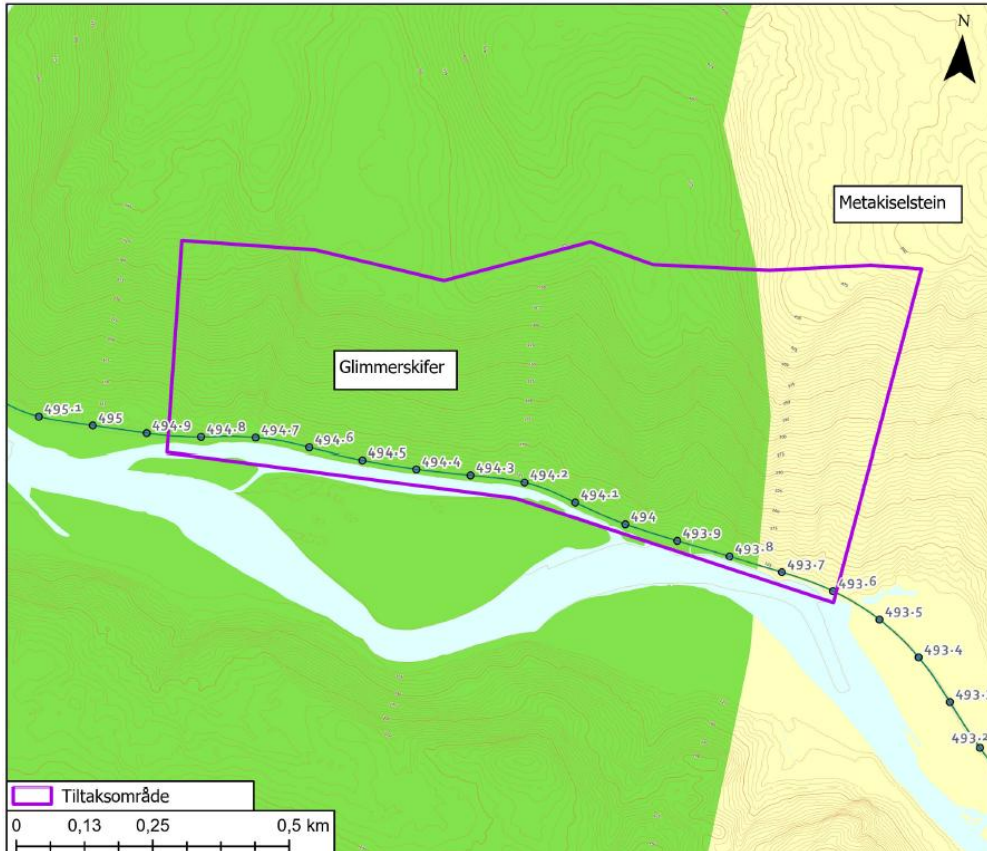
Både markfuktighetskartet og dreneringsanalysen stemmer godt med observasjoner fra befaringen. Inntrykket fra befaringen er også at vannet i hovedsak renner langs de mest definerte forsenkningene, og det observeres lite synlige spor etter rennende vann mellom disse forsenkningene. Unntaket er lengst øst i tiltaksområdet (ved km 493.6-493.7), hvor det observeres spor etter noe rennende vann.

2.5 Berggrunn og løsmasser

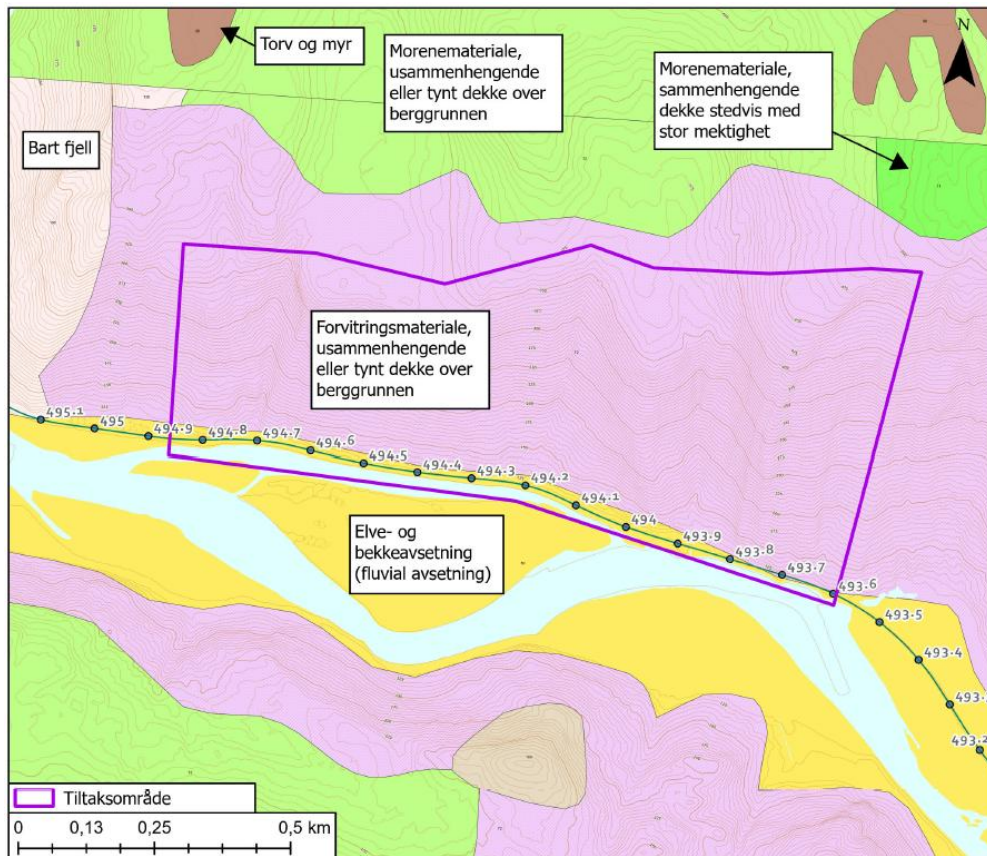
NGU sitt berggrunnskart i målestokk 1:250 000 (Figur 2-11) [16] antyder at berggrunnen i store deler av tiltaksområdet består av glimmerskifer og østlig ende av metakiselstein. Dette stemmer i grove trekk med observasjoner fra befaringen.

NGU sitt løsmassekart i målestokk 1:250 000 (Figur 2-12) [16] antyder at tiltaksområdet består av et usammenhengende og tynt dekke med forvittringsmateriale og at foten av fjellsiden helt nede ved jernbanen består av elve- og bekkeavsetninger (fluviale avsetninger). Befaringsobservasjoner viser imidlertid et mer sammensatt bilde, med blant annet raviner og forsenkninger som er dannet fra massetransport og skredaktivitet, morenerygger- og morenemateriale og stedvis oppstikkende bart berg i de bratteste skrentene. Det observeres også en del forvittringsmateriale. Inntrykket er at løsmassene i tiltaksområdet er forholdsvis sammenhengende men at mektigheten mange steder stort sett er lav. Inntrykket er at det er få steder med tykk løsmassemekthet.

Både berggrunnskartet og løsmassekartet er i svært grov skala, og gir kun et overordnet bilde av berggrunnen og løsmassene i området.



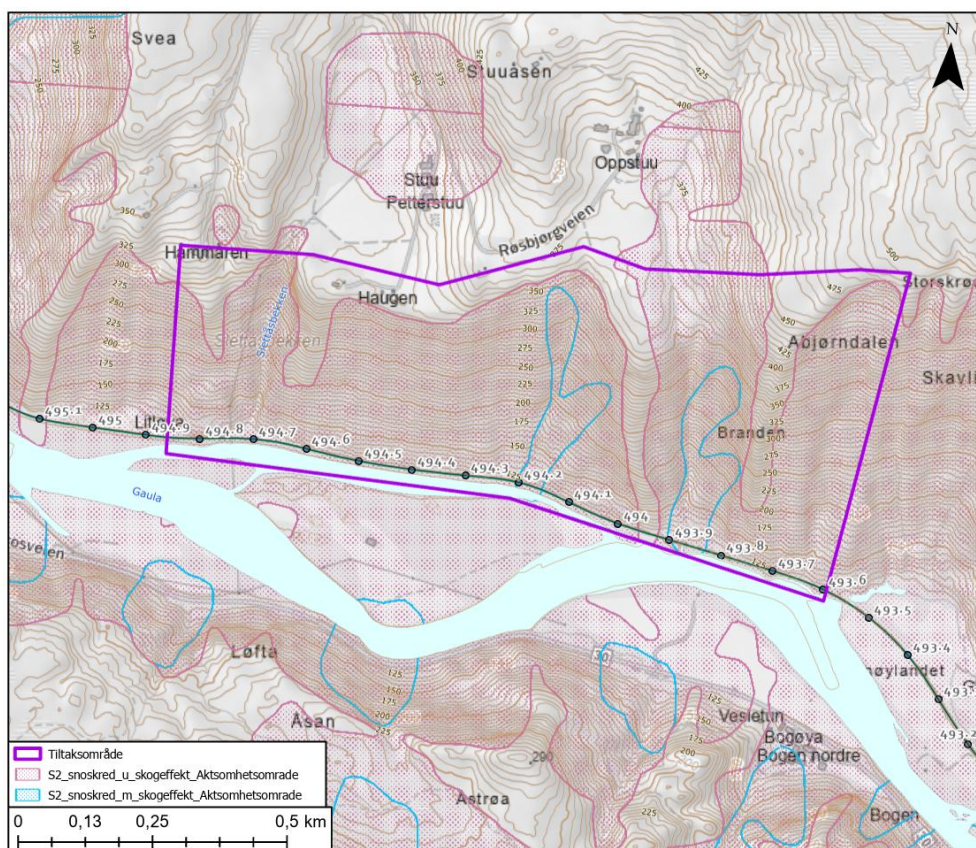
Figur 2-11 Berggrunnskart fra NGU i målestokk 1:250 000 [16].



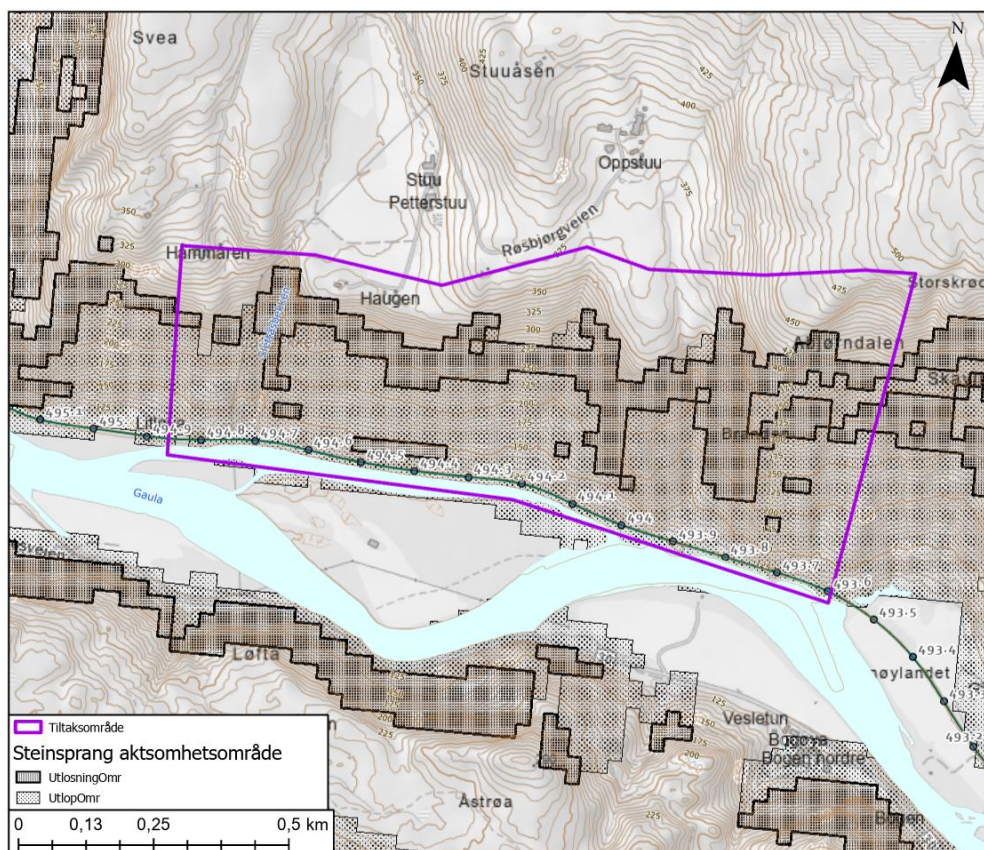
Figur 2-12 Løsmassekart fra NGU i målestokk 1:250 000 [16].

2.6 Aktsomhetskart

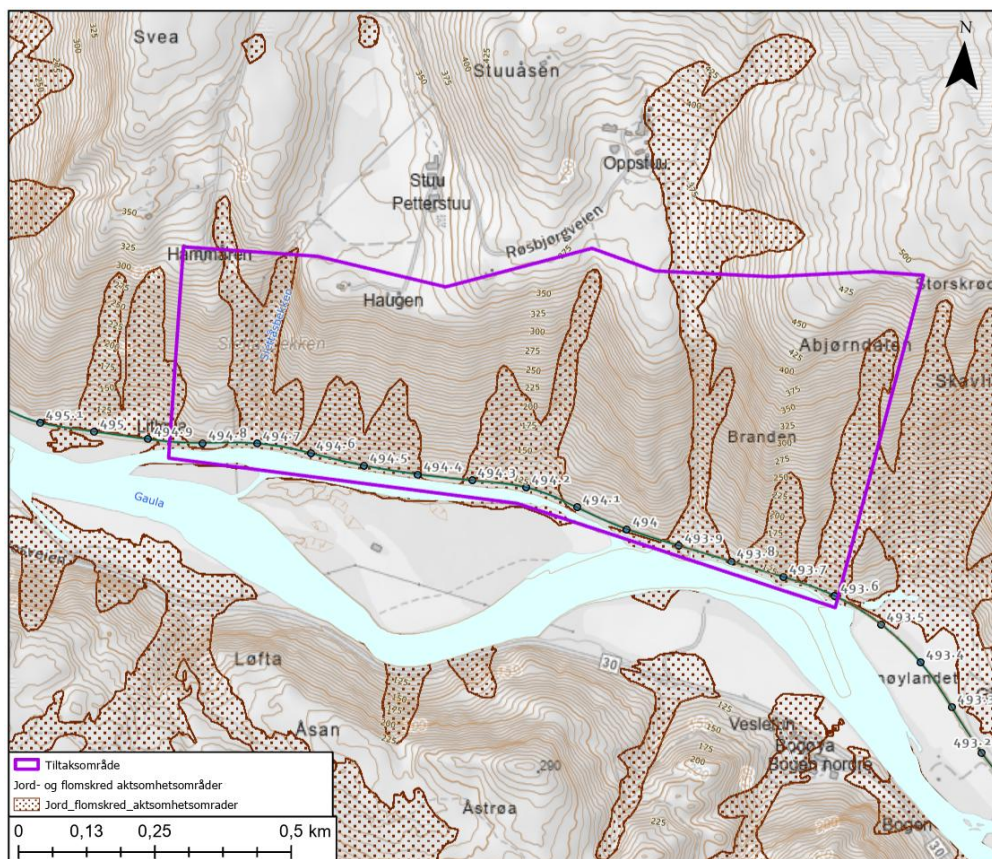
Figur 2-13, Figur 2-14 og Figur 2-15 viser aktsomhetskart for henholdsvis snøskred (S2, med og uten skogeffekt), steinsprang og jord- og flomskred. Store deler av tiltaksområdet befinner seg innenfor aktsomhetsområde for snøskred uten skogeffekt og kun to områder i midtre og østlig del som befinner seg innenfor aktsomhetsområde for snøskred med skogeffekt. Hele tiltaksområdet befinner seg innenfor aktsomhetsområde for steinsprang og store deler innenfor aktsomhetsområde for jord- og flomskred.



Figur 2-13 Aktsomhetsområder for snøskred (S2, med og uten skog) for tiltaksområdet [17].



Figur 2-14 Aktsomhetsområder for steinsprang for tiltaksområdet [17].



Figur 2-15 Aktsomhetsområder for jord- og flomskred for tiltaksområdet [17].

2.7 Skredhistorikk

I den nasjonale skreddatabasen [17] [18] er det registrert 10 skredhendelser langs togstrekningen innenfor tiltaksområdet (mellom km 493,59 og 494,86), og 2 skredhendelser like vest for tiltaksområdet. De rapporterte hendelsene er oppsummert i Tabell 2-1, med nummerering som viser til Figur 2-16. De registrerte skredhendelsene antyder at jord- og flomskred og snøskred forekommer hyppigst. Lokalt driftspersonell for jernbanen som Norconsult har vært i kontakt med kjenner ikke til ytterligere skredhendelser eller ytterligere informasjon om de registrerte skredhendelsene [21]. Det er ikke bildedokumentasjon av noen av skredhendelsene, og for flere av skredhendelsene er det lite konkret informasjon og usikker lokalisering.

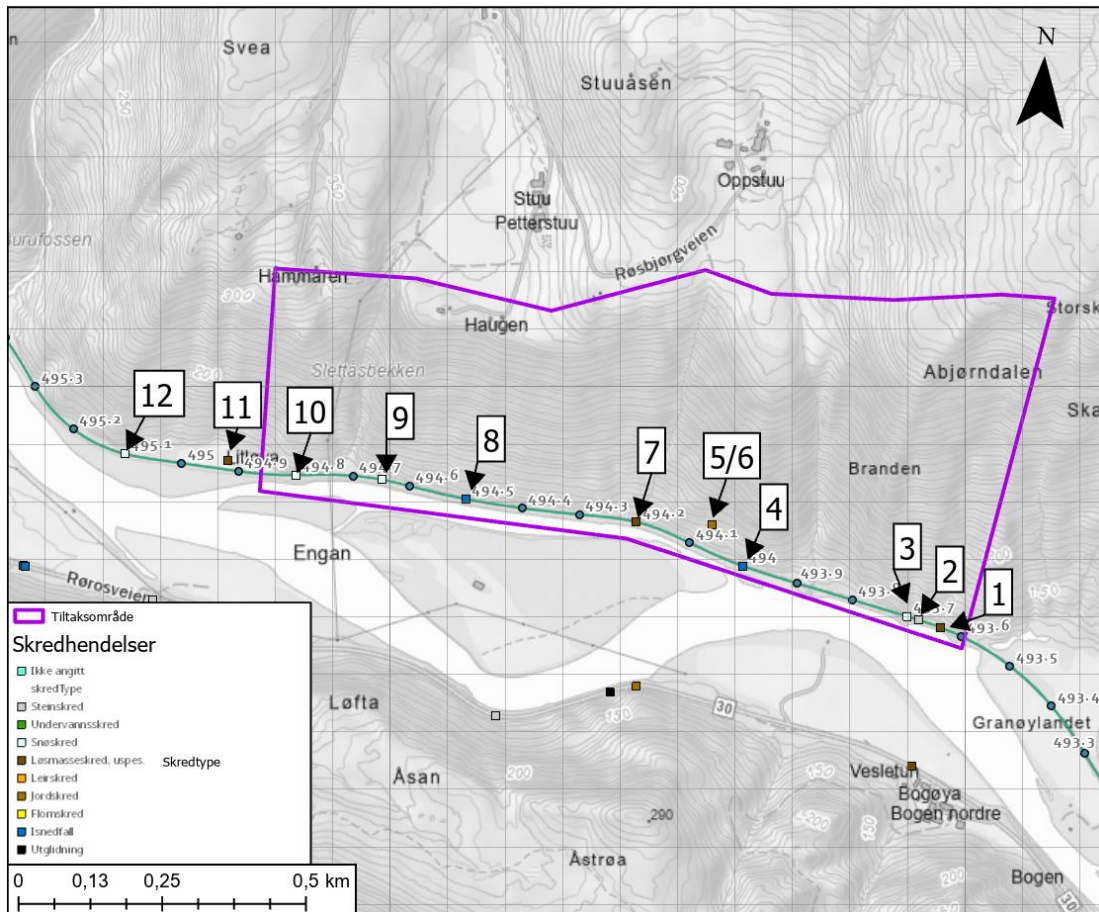
I tillegg til registrerte skredhendelser i og i nærheten av tiltaksområdet er det registrert flere skredhendelser langs dalføret. Blant annet er det registrert flere større jord- og flomskred som har rammet jernbanen, Fv. 30 og bebyggelse [17] [18].

Tabell 2-1: Oppsummering av registrerte skredhendelser i området. Nummerering viser til Figur 2-16.

Nr.:	Dato:	Km.:	Type skred:	Beskrivelse:	Kommentar Norconsult:
1	24.09.2004	493,65 ?	Jord- og flomskred	Vann over fylling som medførte utvasking på elvsiden. Ingen personskade.	Kan skyldes et jord-/flomskred som ses på flyfoto fra 2006 [15] med utløp ned i samme forsenkning, se Figur 3-4 og omtale i kapittel 3.3. Skredet kan ha ført til oppdemming av vann i forsenkningen.
2	02.06.1977		Steinsprang	Skred fra fast fjell, uspesifisert	Lite konkret informasjon. Eksakt lokalisering er usikker.
3	09.03.1986		Snøskred	Snøskred, uspesifisert.	Lite konkret informasjon. Eksakt lokalisering er usikker.
4	03.03.2022	494.0	Isnedfall	Noe is som har falt ned fra skjæring.	Trolig isnedfall fra bergskjæring, og dermed ikke en relevant skredhendelse.
5	12.02.1868		Snøskred	Stort snøskred som tok «Seterøya» under Røsbjørka, hvor 4 mennesker omkom og alle bygninger ble nedgravd og knust. Plassen lå trolig nede ved elva og finnes ikke i dag.	Eksakt lokaliseringen fremstår som usikker, men var trolig nede ved elva i dette området basert på stedsnavn. Ut fra opplysningene er det sannsynlig at det var et stort snøskred, med stort skadepotensiale.

6	11.05. 1808			Angivelig ved samme sted som hendelse nr. 5, hvor det gikk et jordskred 1 person ble tatt og omkom.	Eksakt lokaliseringen fremstår som usikker, men var trolig samme sted som hendelse nr. 5.
7	16.05. 1976		Jord- og flomskred.	Løsmasseskred, uspesifisert.	Lite konkret informasjon. Eksakt lokalisering er usikker.
8	03.03. 2022	495.5	Isnedfall	Lite isras km 495,5.	Trolig isnedfall fra bergskjæring, og dermed ikke en relevant skredhendelse. Lokaliseringen i kartet og oppgitt pelnummer stemmer ikke overens, så eksakt lokalisering er usikker.
9	18.03. 1970		Snøskred	Snøskred, uspesifisert.	Lite konkret informasjon. Eksakt lokalisering er usikker.
10	07.01. 1959		Snøskred	Snøskred, uspesifisert.	Lite konkret informasjon. Eksakt lokalisering er trolig usikker. Ut ifra flyfoto fra 1956 og 1963 [15] var dette området fritt for skog i denne perioden.

11	Mai 1858		Stein- og jordskred.	Stort stein- og jordskred som traff hus, hvor en stor stein påførte en lettere personskade (brudd i foten). Husene fikk så store skredskader at de ble flyttet. Senere flyttet familien derfra (fra Litløya), og NSB overtok husene.	Litt uklart hvor stort skredet faktisk var og hvilken skredtype det var. Det kan ha vært et steinsprang/stein skred som tok med seg en del jordmasser, steinsprang som har utløst jord- og flomskred eller steinrikt jord- og flomskred. Også litt uklart eksakt lokalisering, men var trolig i dette området (Litløya). Skyggerelieff antyder skredavsetninger fra jord- og flomskred i dette området.
12	10.02. 1979	491.34 - 498.32	Snøskred	Flere små snøskred på strekningen i denne perioden over en strekning på 7 km, hastighetsnedsettelse til 40 km/t.	Lite konkret informasjon ellers, og usikker lokalisering av de ulike små snøskredene. Usikkert om noen av de små snøskredene har gått innenfor eller i nærheten av tiltaksområdet.



Figur 2-16 Registrerte skredhendelser i nærheten av tiltaksområdet [17] [18]. Nummerering av skredhendelser viser til Tabell 2-1.

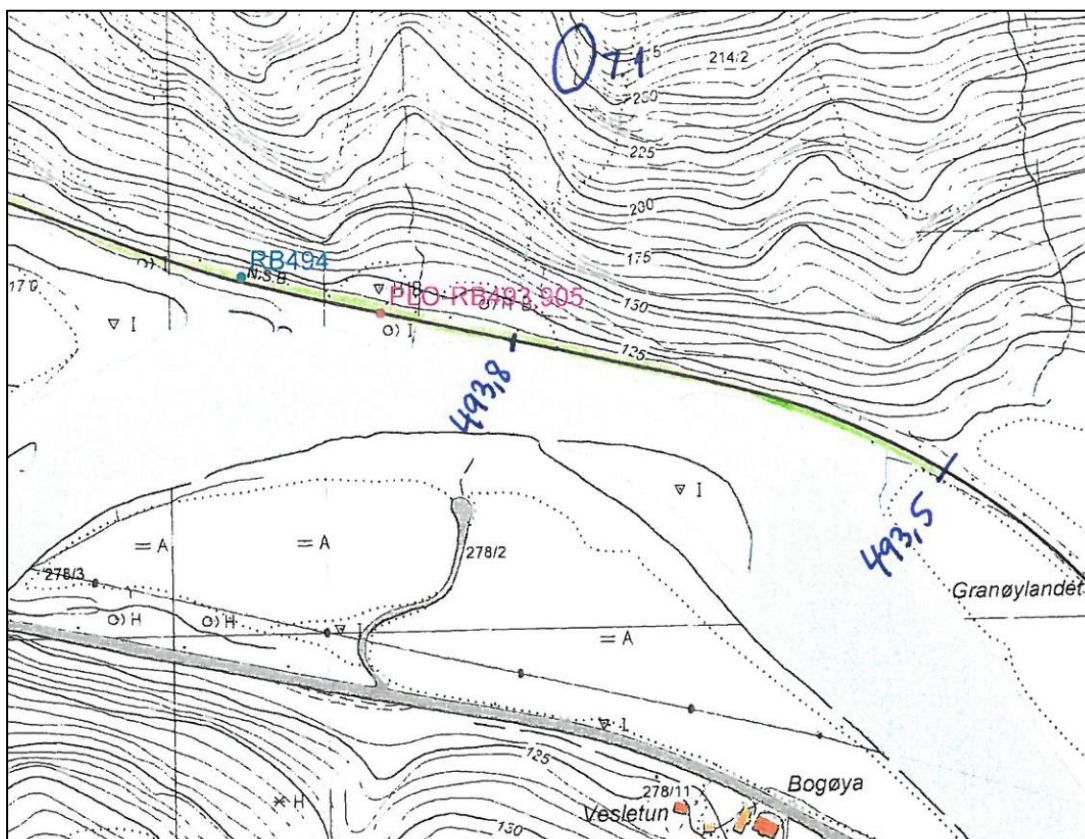
2.8 Eksisterende skredfarevurderinger

Norconsult er kjent med følgende skredfarevurderinger som er gjort for Litløya - Granøylandet:

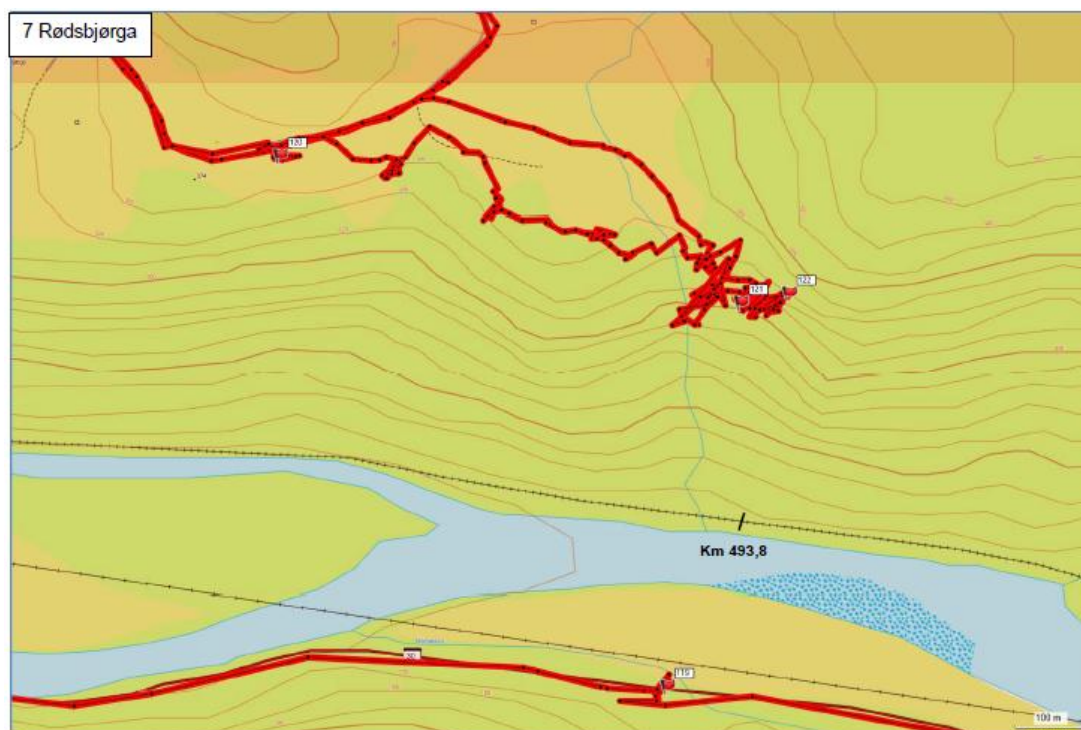
- Skredfarekartlegging Område Nord, Trøndelag og Innlandet, skredrapport med nytte-kostvurdering utført av Skred AS [2].
- Skredfarekartlegging Rørosbanen, detaljert nivå. Stensli (km 442) – Støren (km 510) utført av Sweco [1].

Skredfarekartleggingen av Skred AS i 2023 [2] er utført på et overordnet nivå for flere jernbanestrekninger (totalt 383,8 km), uten detaljvurderinger i felt for hvert område. Skredfarevurderingen er i all hovedsak basert på registrerte skredhendelser, kartgrunnlag og befaring på et overordnet nivå og er ment for å danne grunnlag for å prioritere skredsikringstiltak langs jernbanen. Vurderingene som er utført støtter seg noe på vurderingene som ble utført av Sweco i 2013 [1].

Skredfarekartleggingen som er utført av Sweco i 2013 [1] er utført på et detaljert nivå med hovedfokus på punktsikring av enkeltobjekter og løsneområder for steinsprang. Det er ikke tatt stilling til mer helhetlig sikring av hele den utsatte strekningen, og ikke vurdert sikring i skredløpet for eksempel med fangggjerde. Befaringen ble utført på en halv dag, og kun en liten del av dalsiden over jernbanestrekningen ble dekket. Figur 2-17 viser risikoområder og Figur 2-18 viser sporlogg fra befaringen til Sweco.



Figur 2-17 Kart som viser risikoområder til Sweco i forbindelse med skredfarevurdering [1].



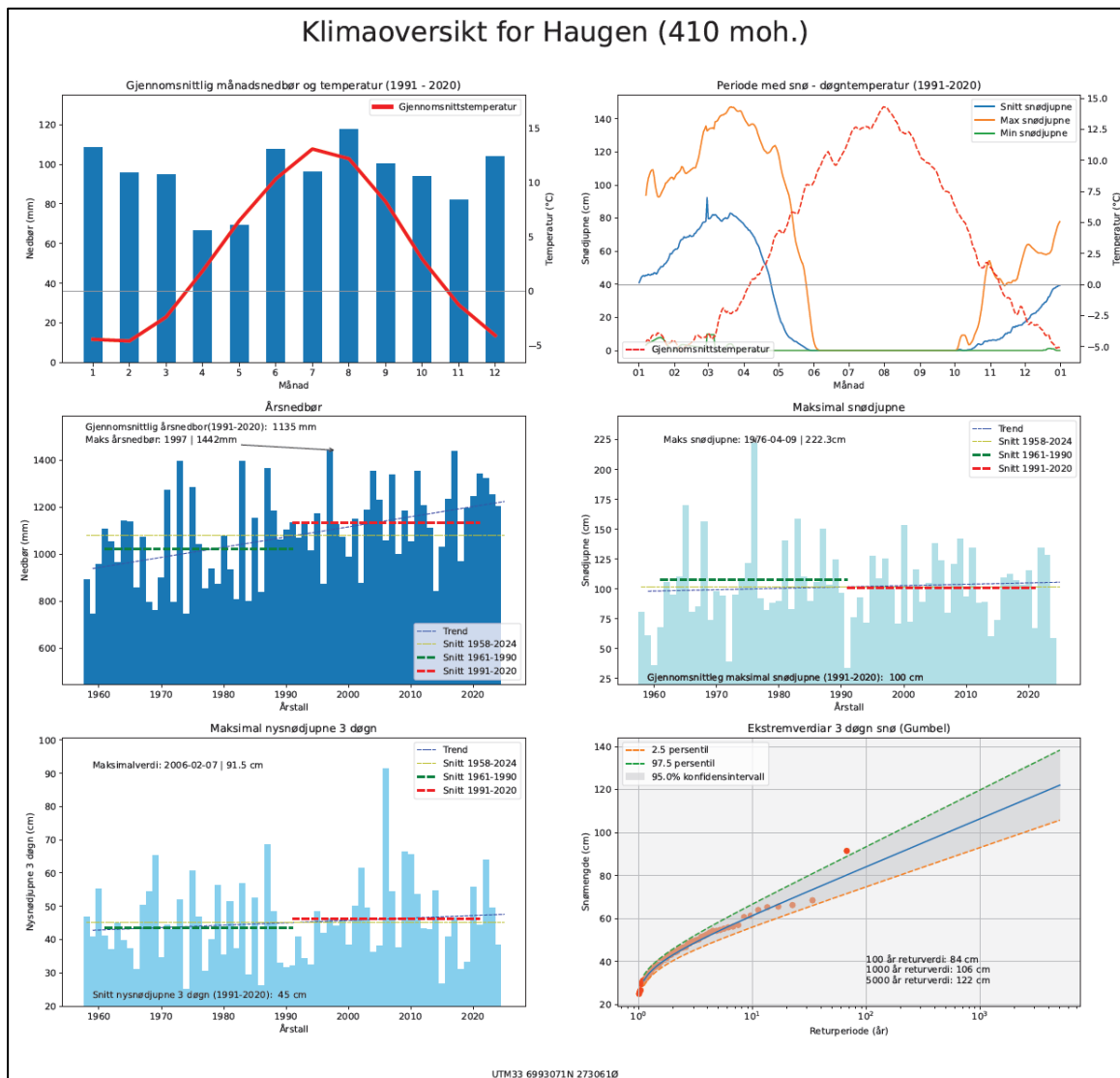
Figur 2-18 Sporlogg fra befaringen til Sweco i forbindelse med skredfarevurdering [1].

2.9 Eksisterende sikringstiltak

Det er utført noe sikring langs jernbanen i form av tørmurer for å støtte opp og stabilisere løsmasser over jernbanen. I tillegg er det etablert stikkrenner/åpninger under jernbanen for å lede vann under jernbanen. Observert sikring er nærmere omtalt i kapittel 3.3.

2.10 Klima

Som grunnlag for skredfarevurderingen er en klimaoversikt hentet fra AV-klima [22] (Figur 2-19). Dataene er hentet fra et interpolert gridpunkt lokalisert midt i tiltaksområdet med modellhøyde på 410 moh. Klimadataene representerer beregnede verdier for 1 km² ruter, er ikke direkte målt ved fysiske værstasjoner men er basert på målinger fra nærliggende værstasjoner. Det er derfor forventet usikkerhet ved estimering av lokal returperiode for ekstreme nedbørshendelser. Kvaliteten og påliteligheten til klimadataene er sterkt avhengig av lengden på måleperioden ved de nærmeste værstasjonene som inngår i interpolasjonsgrunnlaget, antallet værstasjoner og plasseringen av værstasjonene i området rundt.



Figur 2-19: Klimadata fra Haugen, med modellhøyden 410 moh. [22].

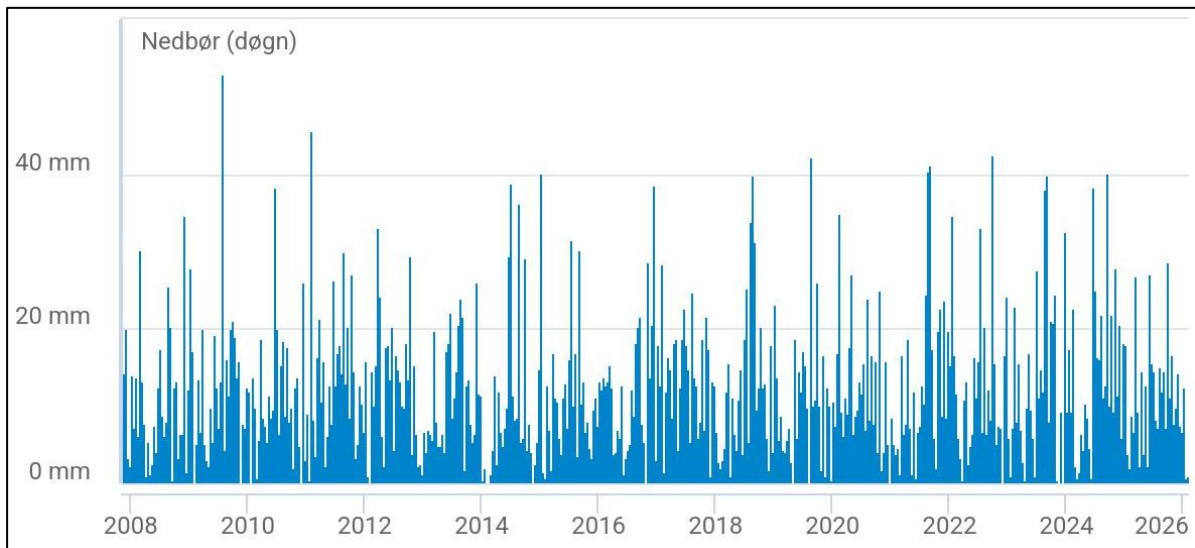
2.10.1 Nedbør

Klimadataene for Haugen viser en gjennomsnittlig årsnedbør i perioden 1991-2020 på om lag 1135 mm. Nedbørsmengden er størst rundt årsskifte og sensommeren hvor det er nedbør i overkant av 100 mm i måneden. Maksimal nedbør var i 1997, med ca. 1442 mm på ett år. Ut ifra klimadataen varierer den gjennomsnittlig månedstemperatur ved Haugen fra ca. $-4,5^{\circ}\text{C}$ i desember, januar og februar til ca. 14°C i juli. Basert på gjennomsnittlige månedstemperaturer er det sannsynlig at mesteparten av nedbøren fra april til oktober kommer ned som regn og ikke som snø ved høyden 410 moh.

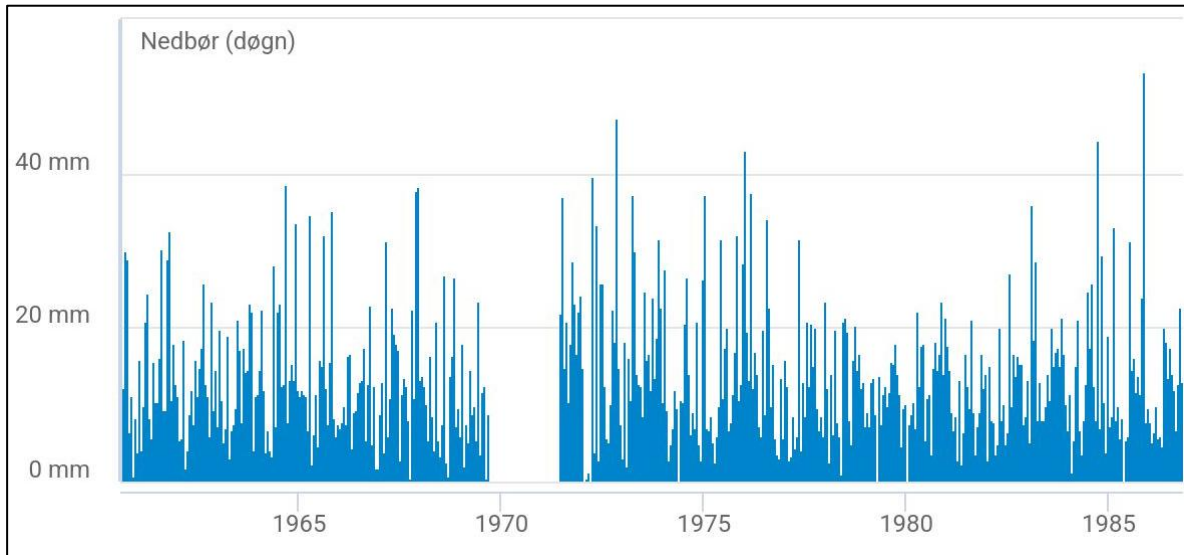
Intens nedbør kan være en mulig triggerfaktor for løsmasseskred i terreng med terrenghelning $> 20^{\circ}$. Forskning viser at sannsynligheten for jordskred øker dersom døgnnedbøren overstiger 8% av årsnedbøren [23]. 8 % av gjennomsnittlig årsnedbør i perioden 1991-2020 vil for dette området i henhold til klimadataene bli ca. 90 mm.

Figur 2-20 viser nedbørsmålinger per døgn i perioden fra november 2007 og frem til i dag (for værstasjonen Kotsøy) og Figur 2-21 for perioden fra februar 1980 til oktober 1986 (for værstasjonen Støren II) [3], altså totalt en måleperiode på ca. 25 år. Det er ingen værstasjoner i området som viser lengre måleperioder for nedbør.

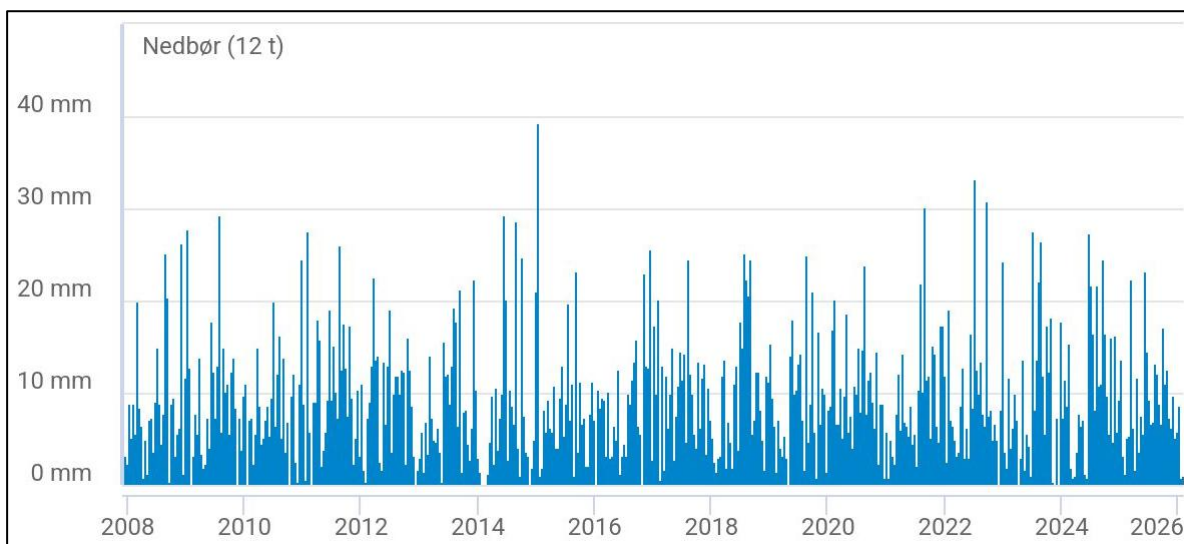
Nedbørsmålingene viser at i løpet av de 25 årene så var det 13-14 døgn med målt mer enn 40 mm nedbør og 2 døgn med målt mer enn 50 mm nedbør. Døgnmålingene var i denne perioden dermed godt under 8 % av årsnedbøren. Figur 2-22 viser nedbørsmålinger på 12 timer (for værstasjonen Kotsøy). Nedbørsmålingene viser at det i denne 19 år lange perioden var 4 dager med målt mer enn 30 mm nedbør på 12 timer og 1 dag med målt nesten 40 mm nedbør på 12 timer. Norconsult kjenner til at det siden 2010 har gått mange jord – og flomskred i Gauldalen som har resultert i omfattende stengninger av Fv. 30. Mange av skredene ble uløst av intens korttidsnedbør som ofte ikke ble fanget opp av værstasjonene.



Figur 2-20 Nedbørsmålinger (per døgn) for værstasjonen Kotsøy ved 243 moh. (ca. 2,5-3,5 km sør/sørøst for tiltaksområdet) i perioden november 2007 og frem til i dag.



Figur 2-21 Nedbørsmålinger (per døgn) for værstasjonen Støren II ved 82 moh. (ca. 12-13 km vest/nordvest for tiltaksområdet) i perioden fra februar 1980 til og med oktober 1986.



Figur 2-22 Nedbørsmålinger (12 t) for værstasjonen Kotsøy ved 243 moh. (ca. 2,5-3,5 km sør/sørøst for tiltaksområdet) i perioden november 2007 og frem til i dag.

2.10.2 Snø

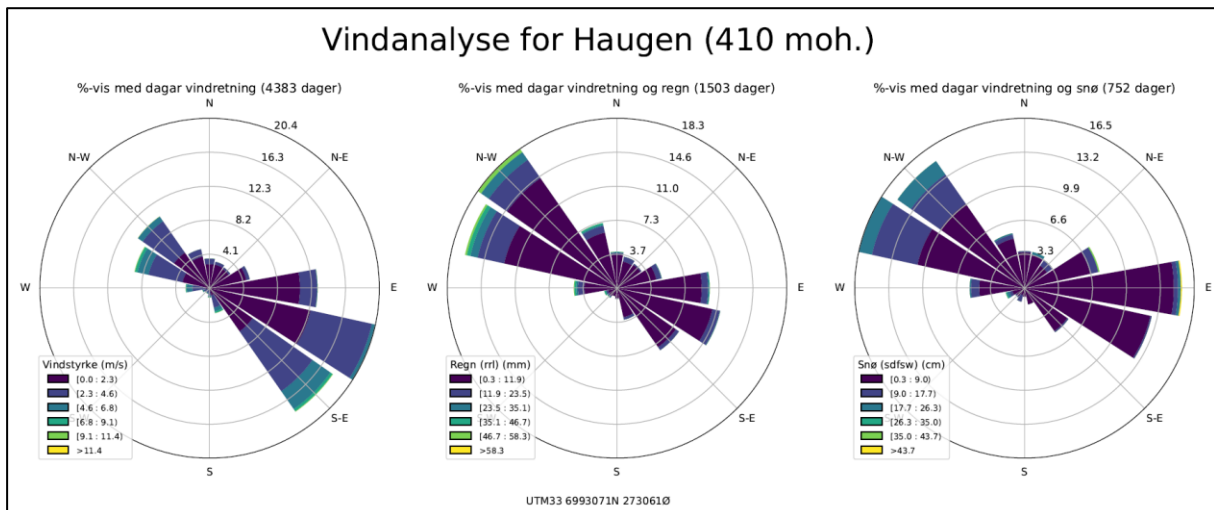
Ut ifra klimaanalysen kommer det frem at maksimal observert nysnødybde i løpet av 3 døgn er 91,5 cm som ble målt 07.02.2006, med et gjennomsnitt på ca. 46 cm i perioden 1991-2020. Ekstremverdier for nysnødybde 3 døgn er; 84 cm for returperiode på 100 år, 106 cm for returperiode på 1000 år, og 122 cm for returperiode på 5000 år.

Det er viktig å påpeke at modellhøyden i klimaanalyse er satt til 410 moh., som er noe høyere enn toppen av dalsiden ved Litløya – Granøylandet. Det er å forvente at snømengden lenger ned i dalsiden kan være noe lavere enn det som går frem av klimadataene.

2.10.3 Vind

Vinddata er innhentet fra AV-klima og visualisert gjennom tre separate vindrosediagrammer (Figur 2-23). Diagrammet til venstre antyder de hyppigste vindretningene i området, mens de to øvrige antyder de hyppigste vindretningene som gir henholdsvis nedbør som regn og nedbør som snø. Vindretningene er angitt som prosentvis sannsynlighet, basert på forekomst under de spesifikke værtypene. Analysen viser at østlige og sørøstlige vindretninger er dominerende, men at det også forekommer en del vind fra nordvest. Analysen antyder at mesteparten av nedbøren kommer fra nordvestlig vindretning, både som snø og som regn. Det antas at vindmålingene er noe påvirket av topografi da nærliggende værstasjoner er lokalisert i dalfører som er vendt omtrent nord-sør, og som er påvirket av omkringliggende topografi. I dette dalføret veksler dalføret fra å gå i retning omtrent nord-sør og øst-vest.

I denne dalen av landet kommer det erfaringsmessig mest nedbør fra sørvest, vest og nordvest. Vestlig og nordvestlig vindretning gir ofte en kaldere værtype og oftere nedbør som snø på vinterstid, mens sørvestlig vindretning gir en mildere værtype og normalt nedbør som regn.



Figur 2-23: Vindroser med prosentvis fordeling fra Haugen (410 moh.), som antyder dominerende vindretninger (til venstre), og hvilke vindretninger som gir mest nedbør som regn (i midten) og snø (til høyre). [22]

2.10.4 Endring i klima

Klimaendringer vil kunne forandre forutsetningene for skred fremover i tid og det er dermed undersøkt forventet klimaendring ut ifra norsk klimaservicesenters analyse [3].

I Sør-Trøndelag, hvor Litløya - Granøylandet befinner seg, forventes klimaendringene å gi hyppigere episoder med kraftig nedbør og økt overvann. Innen 2100 er nedbøren forventet å øke med ca. 20 % hvor økningen vil være størst på sommeren og høsten (henholdsvis 20 og 25 %), og minst på vinteren og våren (5 %). Det forventes at forekomsten av steinsprang og steinskred vil øke ettersom de kraftige nedbørshendelsene kan øke de drivende kreftene som trengs for å utløse steinsprang og remobilisere stein og blokker i terrenget. Forekomsten av jord- og flomskred er også ventet å øke noe. Kombinasjonen av regn på snødekt underlag og kortere isleggingssesong kan også bidra til økt risiko for våtsnøskred ved

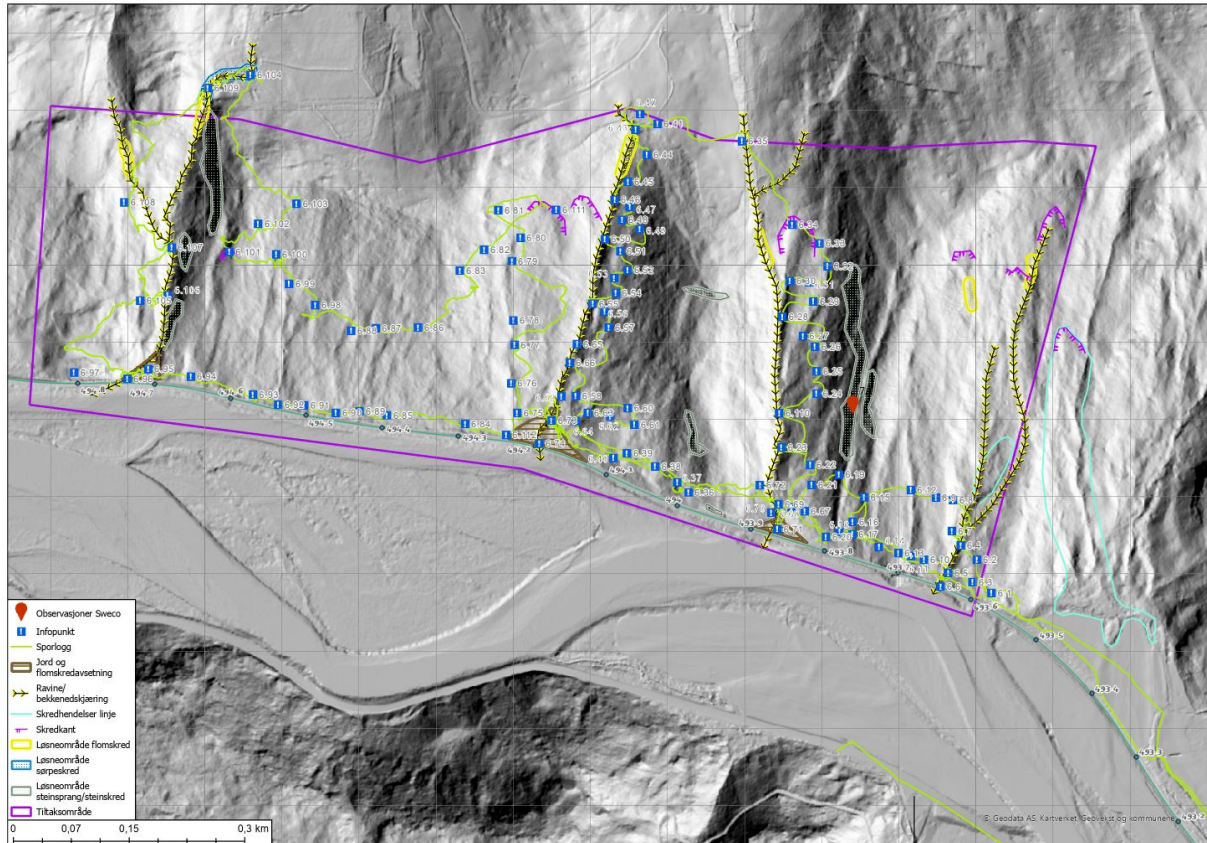
Rausteinen. Figur 2-24 gir et sammendrag av forventede endringer fra perioden 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer.

SANNSYNLIG ØKNING	
 Ekstrem nedbør	Det forventes at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer, og i mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringen
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke
MULIG SANNSYNLIG ØKNING	
 Tørke	Til tross for mer sommernedbør, kan høyere temperaturer og økt fordampning gi økt fare for tørke om sommeren
 Isgang	Kortere isleggingssesong, hyppigere vinterisganger samt isganger høyere opp i vassdragene enn i dag
 Snøskred	Med et varmere og våtere klima vil det oftere regne på snødekt underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder
 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av økt flom i elver og bekker, kan utløse flere kvikkleireskred. Sør-Trøndelag er særlig utsatt for kvikkleireskred.
SANNSYNLIG UENDRET ELLER MINDRE	
 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
USIKKERT	
 Sterk vind	Trolig liten endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsaklig for mindre steinspranghendelser
 Fjellskred	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred

Figur 2-24: Sammendrag av forventede endringer fra perioden 1971–2000 til 2071–2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnsikkerheten i Sør-Trøndelag [3].

3 OBSERVASJON

Figur 3-1 og vedlegg 2 viser registreringskart over området som sammenstiller observasjoner som har betydning for skredfarevurderingen. Det er tegnet løsneområder for flomskred, steinsprang og sørpeskred. Det er ikke tegnet løsneområder for andre typer skred, da disse ikke vurderes som like aktuelle. Det er heller ikke tegnet inn enkeltblokker. Det er markert hvor det er antydning til det som kan være raskant fra tidligere skred, hvor det er definerte raviner/bekkenedskjæringer og hvor det er antatt jord- og flomskredavsetninger. Lengst øst er det tegnet på skredhendelser linje hvor det er observert synlig skredaktivitet i flyfoto.



Figur 3-1 Registreringskart over Litløya – Granøylandet. Se også vedlegg 2.

3.1 Befaringsobservasjoner

Vedlegg 1 gir en beskrivelse av hvert infopunkt fra befaringen med bilder, hvor lokaliseringen er vist i Figur 3-1 og i vedlegg 2. I tillegg er et punkt fra befaringen til Sweco i 2013 tatt med, samt dronebilder fra strekningen.

I tiltaksområdet går det flere definerte forsenkninger parallelt med fallretningen hvor det er bekkeløp eller rennende vann i bunnen. Enkelte steder er forsenkningene smale og V-formet (ofte hvor det er noe brattere), og andre steder bredere og mer åpne (ofte hvor det er noe slakere). Langs forsenkningene og i øvrige deler av dalsiden er det observert bergblotninger flere steder. Stedvis renner bekkeløpene på berg og rotvelt har noen steder eksponert underliggende bart berg. Dette indikerer stedvis et relativt tynt men sammenhengende løsmassedekke. Det er ikke observert steder hvor det er antatt et løsmassedekke med stor mektighet. Det kan imidlertid

ikke utelukkes at det finnes mindre områder med større mektigheter da det ikke er mulig å fotgå alle steder i tiltaksområdet

I de mest definerte bekkeløpene er det rennende vann (for eksempel infopunkt 6.5, 6.59 og 6.106). I de mindre definerte forsenkningene var det lite rennende vann på befaringsstidspunktet (for eksempel infopunkt 6.16 og 6.102), noen steder med synlige spor etter rennende vann og andre steder ingen synlige spor.

Dreneringsanalysen omtalt i kapittel 2.4 stemmer godt overens med hvor det er observert rennende vann eller spor etter rennende vann dalsiden. I disse områdene er det identifisert mest sannsynlige løsneområder for flomskred (se infopunkt 6.30, 6.43, 6.46, 6.109). Særlig mellom de definerte forsenkningene hvor nedbørsfeltet er svært lite og kun lokal avrenning var det ingen synlige spor etter vann. Inntrykket er dermed at mesteparten av vannet drenerer ned i de definerte forsenkningene.

Det er observert noe som kan være gamle raskanter fra tidligere skred i øvre deler av dalsiden, som også ses i skyggerelieff (se eksempel i infopunkt 6.101 og 6.111). Mange av kantene er udefinerte og gjengrodd, så det er vanskelig å vurdere om de faktisk er tidligere skred eller bare skrenter med berg som er tildekket med løsmasser. Dersom de er fra tidligere skred er de stort sett grunne med lave bruddhøyder (< 0,5 m). Langs og på sidene av bekkeløp og forsenkninger er det observert noe spor etter erosjon og mindre utglidninger (se eksempel i infopunkt 6.5, 6.11, 6.23). Like over jernbanen er det observert flere små utglidninger av løsmasser på berg (se eksempel i infopunkt 6.85, 6.90 og 6.97). Det er også observert små utglidninger av løsmasser i dalsiden (eksempel i infopunkt 6.17).

Det er observert steinblokker spredt rundt i hele dalsiden som trolig stammer fra steinsprang. De fleste blokkene er av eldre alder (se eksempel infopunkt 6.5, 6.37 og 6.55) men noen av antatt nyere dato (eksempel i infopunkt 6.67). En av blokkene er observert helt nede i grøften til jernbanen, denne ser relativt fersk ut (se infopunkt 6.112). Mange av blokkene er avlange med volum inntil ca. 1 m³, men enkelte er noe større og noen få er flere titalls kubikk. Observerte utløpslengder for mange steinsprang er kort, da de har stoppet et stykke opp i dalsiden. Noen steinblokker har imidlertid gått helt ned til jernbanen. Det observeres generelt få løsneområder for steinsprang i form av brattere bergskrenter med høy oppsprekking. Bergskrentene er spredt over tiltaksområdet, og de fleste befinner seg i sidekantene til de definerte forsenkningene og det er flere i østlig del av tiltaksområdet.

I foten av dalsiden nede ved jernbanen er det observert jord- og flomskredavsetninger eller avsetninger fra flomrelatert massetransport i form av vifteformasjoner (se registreringskartet i Figur 3-1, og infopunkt 6.71, 6.74 og 6.95). Dette gjelder i hovedsak i utløpet av de definerte forsenkningene, hvor det er synlige spor etter massetransport langs bekkeløpet.

3.2 Observasjoner fra flyfoto og skyggerelieff

Det observeres i flyfoto et område i den vestlige delen av tiltaksområdet som var fritt for skog på 1950- og 1960-tallet, ca. ved km 494.7-494.9 trolig på grunn av landbruk/beite (Figur 3-2). I dette området er det registrert to snøskred.

Det er ved to steder observert synlige spor etter jord-/flomskred, med synlige løsneområder og skredmasser nedover i utløpet. Det ene skredet har løsnet og gått øst for tiltaksområdet (Figur 3-3), trolig helt på slutten av 1990-tallet eller i 2000-2001. Det andre har løsnet og gått inn i tiltaksområdet (Figur 3-4), trolig mellom 2004

og 2006. Denne hendelsen kan ha vært skredhendelsen som er registrert 24.09.2024 (skredhendelse nr. 1 omtalt i kapittel 2.7). Begge jordskredene antas å ha gått i etterkant av at det ble utført flatehogst i området.

Det er i utløpet til de definerte forsenkningene flere steder observert synlige avsetninger fra skredaktivitet og massetransport i form av vifteformasjoner, men ikke observert synlige spor etter større og ferske skredhendelser. Det observeres imidlertid noe massetransport og mindre endringer i avrenningsmønster fra 1956 og frem til i dag.

I skyggerelieff observeres det som kan være skredkanter eller løsneområder fra tidligere jord- og flomskred (se registreringskart i Figur 3-1). Kantene er ikke tydelige og definerte, og det var vanskelig å verifisere disse fra feltbefaringen. Det er usikkert om det faktisk er raskanter eller om det er kanter fra berget under som er tildekket med løsmasser.



Figur 3-2 Flyfoto fra 1956 som viser at dalsiden over jernbanen ca. ved km 494.7-494.9 var fri for skog, trolig som følge av landbruk/beite (vist med rød stiplet sirkel). Det er registrert 2 snøskred i dette område.



Figur 3-3 Antatt løsneområde og utløp for et jordskred som trolig løsnet på slutten av 90-tallet eller 2000-2001, markert med rødt stiplet polygon. Flyfoto fra 2001 [15].



Figur 3-4 Synlig ferske spor etter jordskred som har løsnet trolig mellom 2004 og 2006, markert med rødt stiplet omriss. Rød pil viser løsneområde for jordskredet fra Figur 3-3. Flyfoto fra 2006 [15].

3.3 Eksisterende sikringstiltak

Det er utført sikringstiltak langs denne strekningen tidligere i form av tørrmurer for å støtte opp og stabilisere løsmasser over jernbanen (Figur 3-5). Alderen er usikker, men ifølge flyfoto [15] er de bygget før 1956 og trolig i forbindelse med bygging av jernbanen.

Det er bygget stikkrenner/åpninger for å lede vann under jernbanen, spredt langs jernbanestrekningen. Totalt ble det observert 6 stikkrenner med varierende dimensjon/kapasitet, som er oppsummert i Tabell 3-1.

Tabell 3-1 Observerte stikkrenner langs strekningen. Dimensjonen er omtrentlig, og er for de fleste vurdert fra avstand. Det kan ikke utelukkes at det er mindre stikkrenner som ikke ble observert på befaringen.

Km.:	Infopunkt:	Dimensjon:
493.64	6.6	Maks. 0,5 m (estimert fra avstand)
493,87	6.71	2 stk. ca. 1 m hver (estimert fra avstand)
494.2	6.74	Ca. 1 m (estimert fra avstand)
494.44	6.89	Ca. 0,5 m (estimert fra avstand)
494.54	6.92	Ca. 0,5 m (estimert fra avstand)
494.72	6.96	Ca. 0,7-0,8 m (målt)

Det ble ikke observert sikringstiltak i form av bergsikring/punktsikring i dalsiden, men alle bergskrenter ble ikke befart fra nært hold så dette kan ikke utelukkes.



Figur 3-5 Tørrmurer som er bygget for å stabilisere løsmasser over jernbanen, ca. ved km 493.99-494.1 (vist med røde stiplede sirkler).



Figur 3-6 Stikkrenner for å lede vann under jernbanen (vist med rød stiplet sirkel), i dette tilfellet 2 stk. med dimensjon ca. 1 m ca. ved km 493.87 (infopunkt 6.71).

4 MODELLERING

4.1 Simulering av flomskred i RAMMS Debris flow

Simulering av flomskred er utført i programvaren RAMMS Debrisflow (RAMMS::Debrisflow, versjon 1.8.0). RAMMS Debrisflow er et todimensjonalt numerisk simuleringsprogram som beregner massebevegelser i et tredimensjonalt terreng. Programvaren er utviklet for modellering av både kanaliserte og ikke-kanaliserte massebevegelser. Utvalgte løsneområder er modellert for å se på potensielle utløp og spredning av flomskred, men også jordskred og sørpeskred. Simuleringer i RAMMS Debrisflow kan utføres både med utløsningsparameterene «hydrograph» og «block release», og kan utføres med og uten erosjon langs skredløpet.

4.1.1 Parametervalg og utført simulering

Det er utført simuleringer i deler av fjellsiden som støtte til å vurdere utløpslengden til flomskred og spredningen av skredmasser ned mot jernbanen. Valg av løsneområder tar utgangspunkt i dreneringsanalysen som er omtalt i kapittel 2.4 og hvor det er en større sannsynlighet for at vann vil begynne å erodere. Det er simulert uten erosjon i skredløpet da dette erfaringsvis gir gode resultater i skredbaner med lav høydeforskjell. Arealet og løsnehøyden til løsneområdene er derfor satt noe konservativt for å kompensere for totalt skredvolum. Simuleringene er vurdert å representere et scenario med årlig sannsynlighet på 1/100. Det er utført simuleringer med «block release» som utløsningsparameter, med en løsnehøyde på 0,5 m. Tabell 4-1 oppsummerer valg av input-parametere for begge scenarioene.

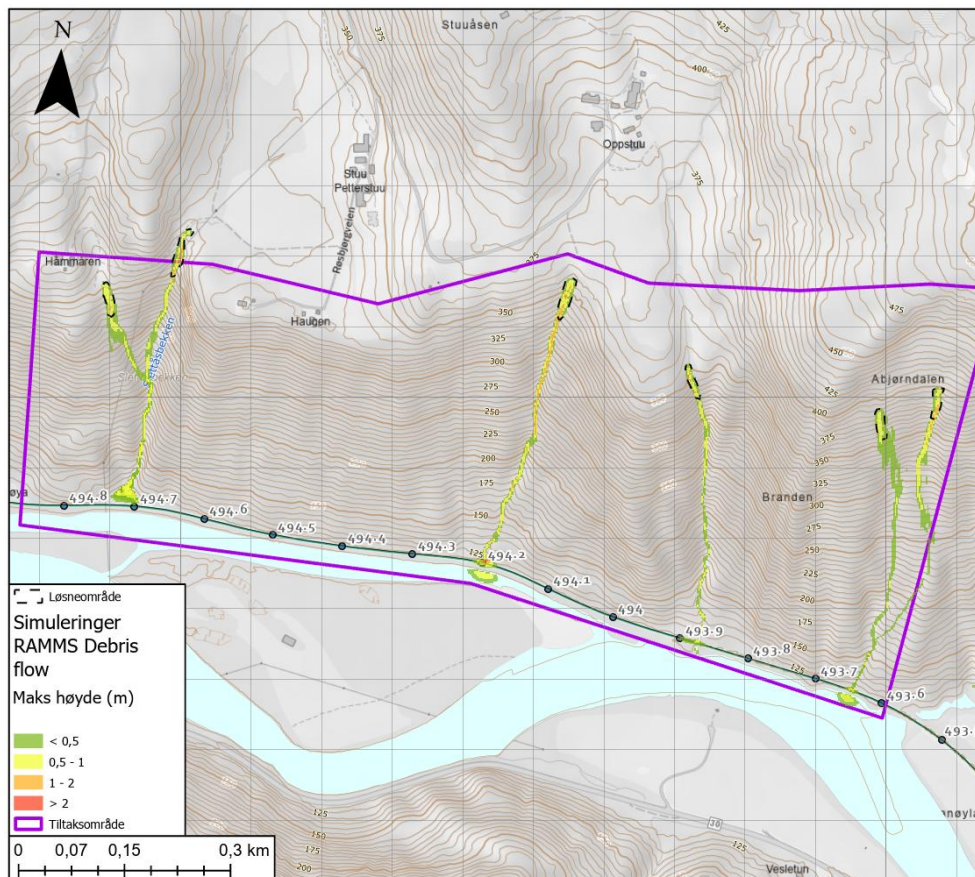
Tabell 4-1 Valg av input-parametere benyttet for simulering av flomskred i RAMMS Debrisflow.

Inputdata:	Verdi (uten erosjon):	Merknad:
Oppløsning, terrengmodell	2 m	2 x 2 m
Tetthet	1800 kg/m ³	
Løsnehøyde	0,5 m	
Volum	1: 345 m ³ 2: 348 m ³ 3: 293 m ³ 4: 507 m ³ 5: 422 m ³ 6: 332 m ³	Tallene angir løsneområdene fra øst (1) til vest (6).
Erosjon	Ikke inkludert	
Utløsningsparameter	Block release	
Friksjonsparameter, Xi	400 m/s ²	
Friksjonsparameter, My	0,2	

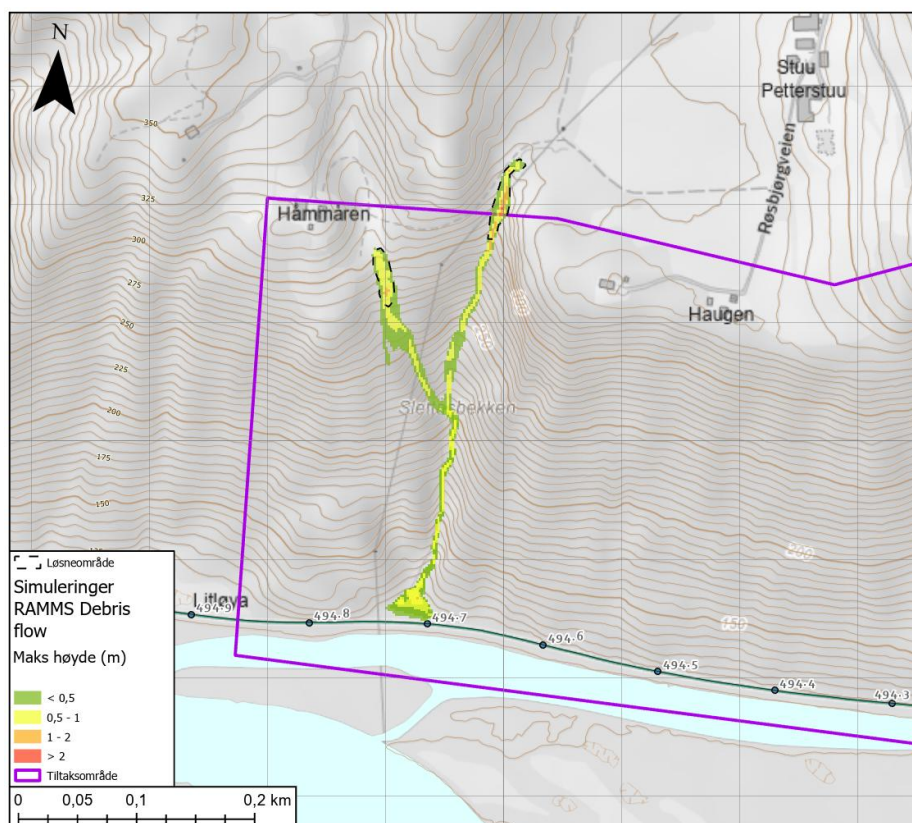
4.1.2 Resultater fra simulering

Figur 4-1, Figur 4-2, Figur 4-3 og Figur 4-4 viser resultatene av simuleringene i RAMMS Debris flow med maksimal flyte høyde (m) av skredmassene. Figur 4-5, Figur 4-6 og Figur 4-7 viser resultatene med maksimal hastighet (m/s) av skredmassene. Resultatene fra simuleringene antyder at flomskred med vurdert årlig sannsynlighet på 1/100 i de 3 forsenkningene i midtre og østlig del av tiltaksområdet vil gå ut på jernbanen med betydelige volum. Resultatene fra simuleringene antyder at flomskred i forsenkingen i vestlig del av tiltaksområdet vil gå ut i magasinet, men stoppe før de treffer jernbanen. Magasinet vil i dette tilfelle ta unna alle skredmassene. Dette resultatet samsvarer også med inntrykket fra befaringen.

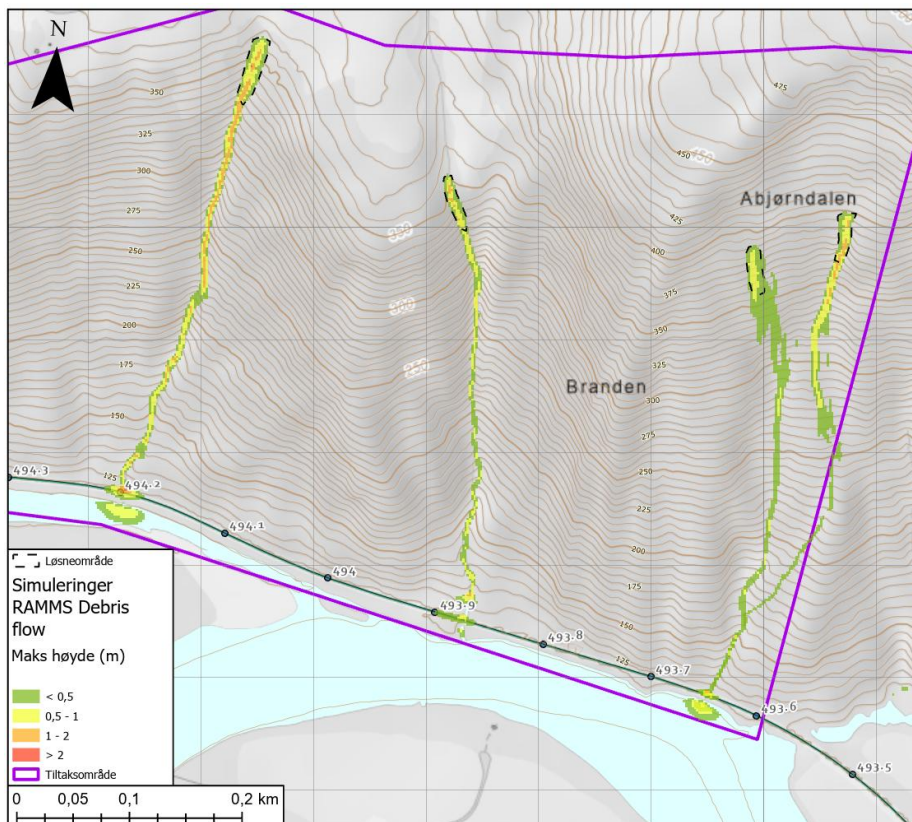
Resultatene fra simuleringen viser et plutselig oppbrudd i massene nede ved jernbanen, dette gjelder særlig for maksimal høyde og for simuleringene i midtre og østlig del av tiltaksområdet. Årsaken til dette oppbruddet er at verdiene under 0,2 m for maksimal høyde og under 0,1 m/s for maksimal hastighet er filtrert bort og dermed ikke vises.



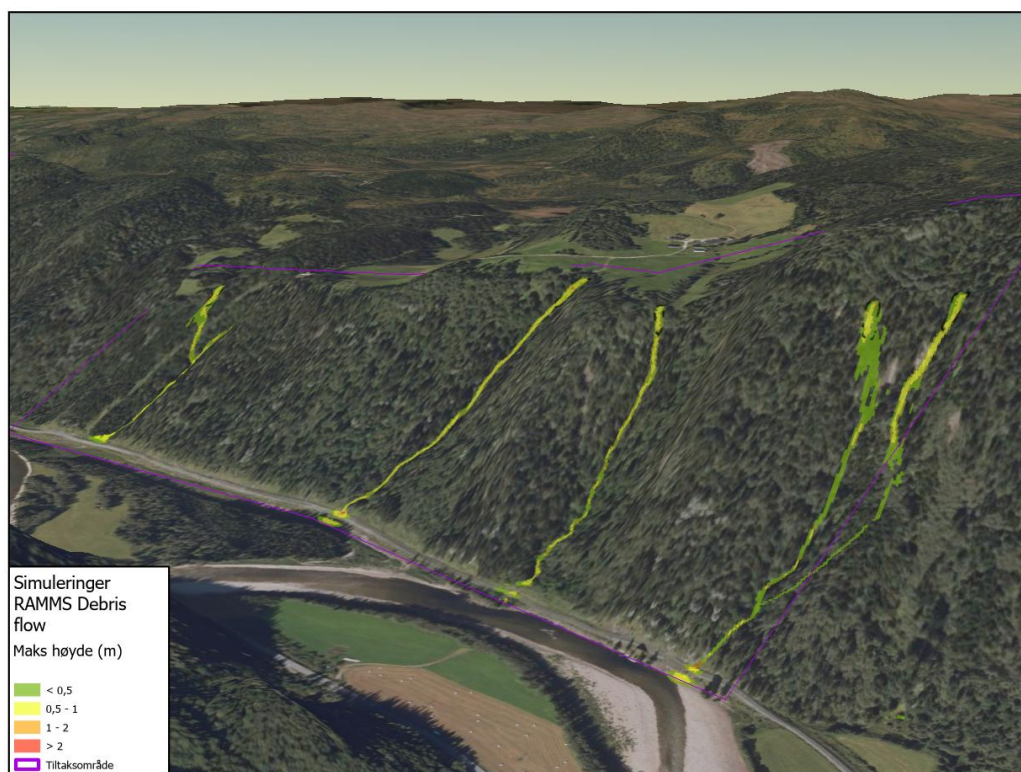
Figur 4-1 Simuleringer i Debris flow med maksimal høyde (m). Maksimal flyte høyde mindre enn 0,2 m er filtrert bort.



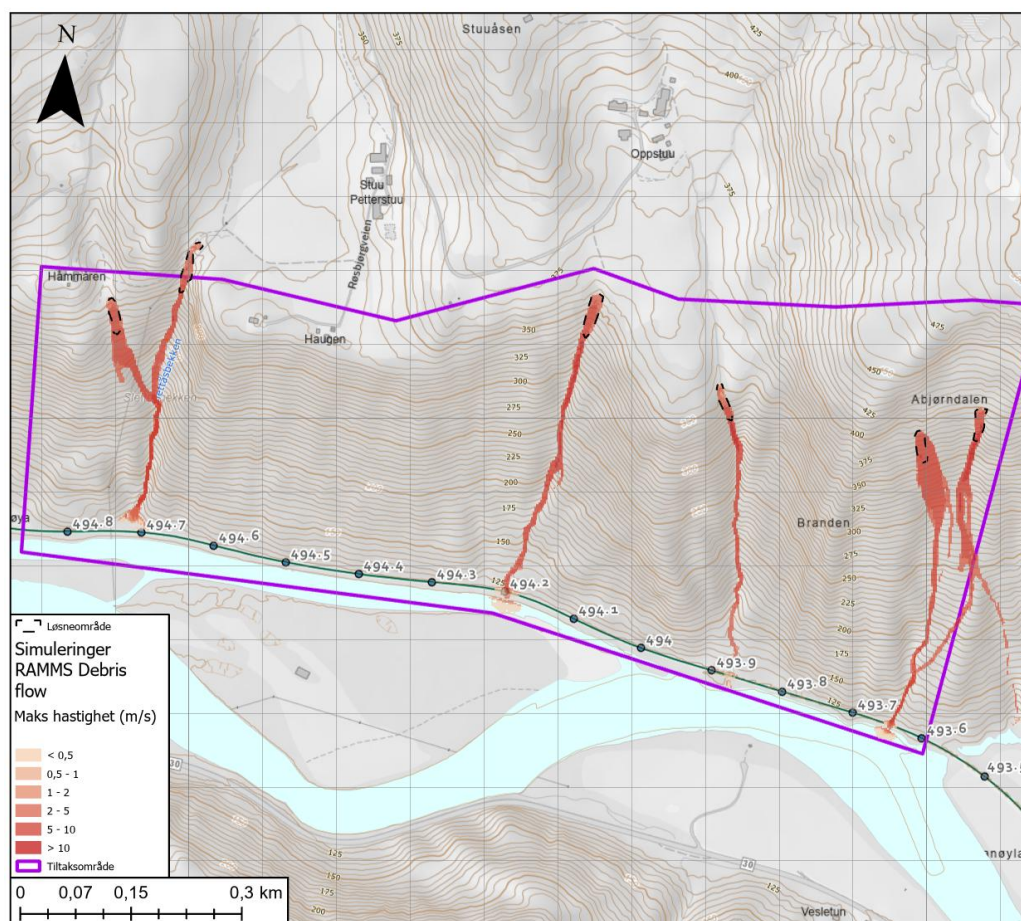
Figur 4-2 Simuleringer i Debris flow med maksimal høyde (m) i vestlig del av tiltaksområdet. Maksimal flyte høyde mindre enn 0,2 m er filtrert bort.



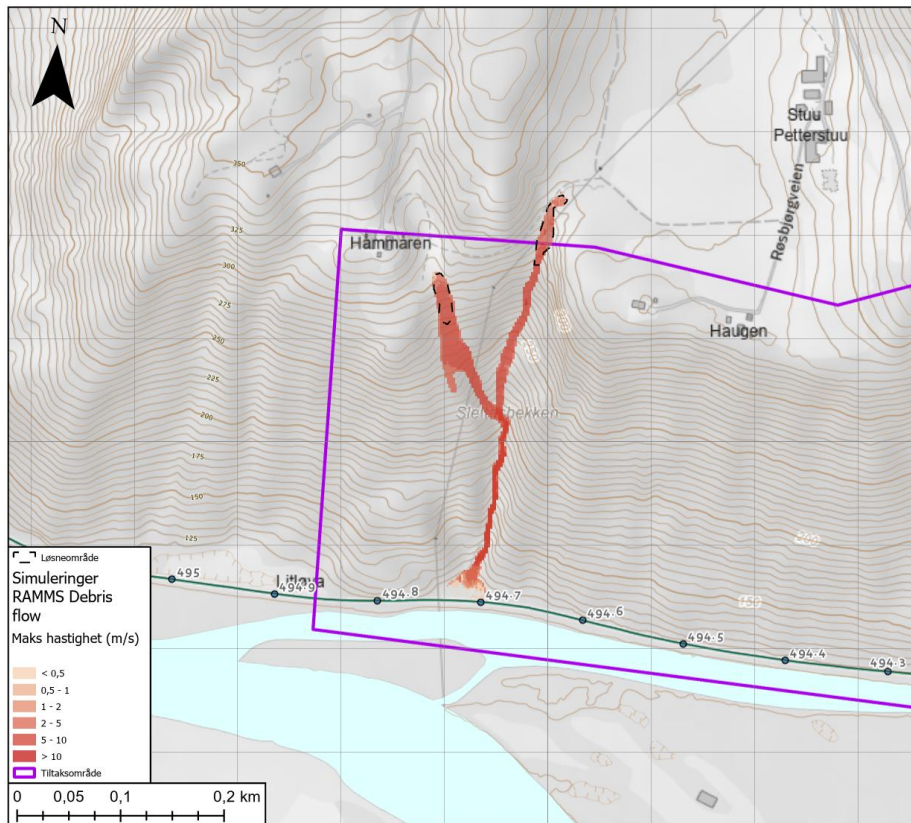
Figur 4-3 Simuleringer i Debris flow med maksimal høyde (m) i østlig del av tiltaksområdet. Maksimal flyte høyde mindre enn 0,2 m er filtrert bort.



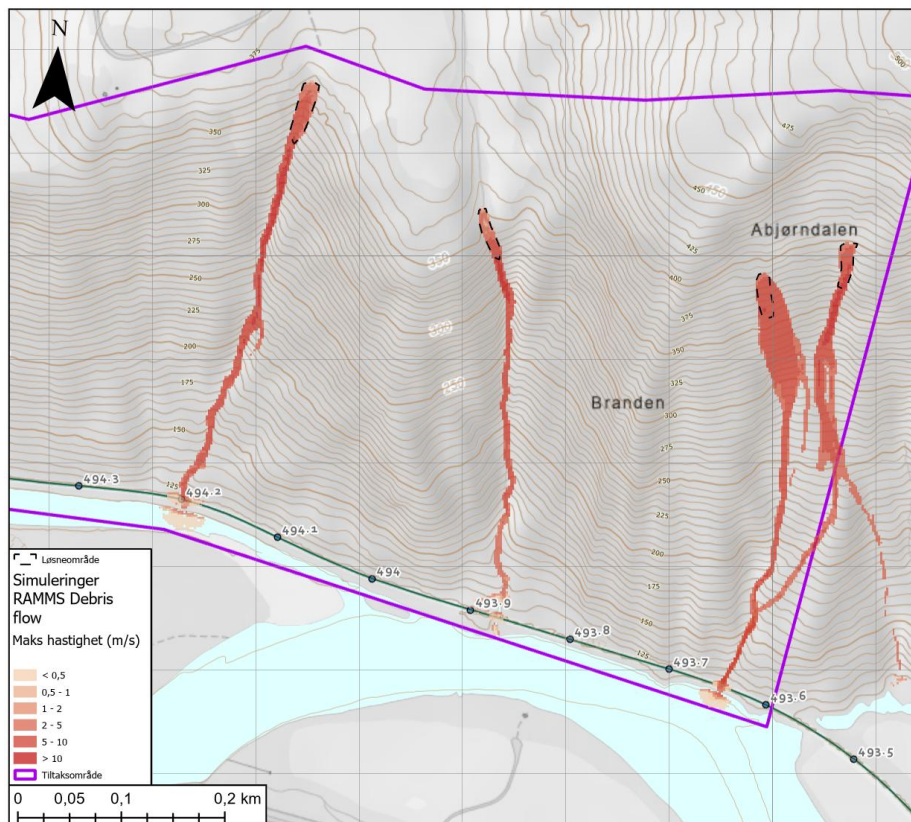
Figur 4-4 Simuleringer i Debris flow med maksimal høyde (m), sett mot nordvest.



Figur 4-5 Simuleringer i Debris flow med maksimal hastighet (m/s). Maksimal flyte høyde mindre enn 0,1 m/s er filtrert bort.



Figur 4-6 Simuleringer i Debris flow med maksimal hastighet (m/s) i vestlig del av tiltaksområdet. Maksimal flyte høyde mindre enn 0,1 m/s er filtrert bort.



Figur 4-7 Simuleringer i Debris flow med maksimal hastighet (m/s) i østlig del av tiltaksområdet. Maksimal flyte høyde mindre enn 0,1 m/s er filtrert bort.

5 SKREDFAREVURDERING

5.1 Steinsprang

Hele tiltaksområdet er lokalisert innenfor aktsomhetsområde for steinsprang. Det er mange steder hvor terrenget er brattere enn 45 grader og det er flere bergskrenter med bart berg og partier med usammenhengende løsmassedekke.

Generelt er det flest bergskrenter i øvre deler av dalsiden, i sidekantene til de definerte forsenkningene og i østlig del av tiltaksområdet. Det observeres stedvis bergskrenter med sprekkeavløst berg, hvor det er potensiale for at det kan gå steinsprang. Mange steder er imidlertid berget kompetent og lite sprekkeavløst, noe som gir lav løsnings sannsynlighet. Det er observert avsetninger fra steinsprang spredt over tiltaksområdet og mest i østlig del, men ingen steder hvor det er mer sammenhengende avsetninger i form av ur som indikerer hyppig steinsprangaktivitet. De fleste avsetningene er av antatt eldre dato. Én mindre steinblokk er avsatt i grøften til jernbanen er trolig av nyere dato.

Registrerte skredhendelser i dalsiden antyder at det har gått steinsprang i fjellsiden tidligere og observasjoner av løsneområder og avsetninger indikerer at det er sannsynlig at det kan gå nye steinsprang også i fremtiden, og at noen kan treffe jernbanen. Avsetningene indikerer at det trolig er noe underreportering av steinsprang langs strekningen, noe som er tilfelle for mange jernbanestrekninger.

Midtre deler av dalsiden består av terreng som stort sett er ca. 35-45 grader med noe slakere helning i nedre deler av terrenget. Dalsiden består av skog med forholdsvis høy kronedekning og mange steder et sammenhengende løsmassedekke som vurderes å dempe energien til steinsprang noe. Mange av blokkene har en kantete og avlang blokkform, med et volum inntil ca. 1 m³. En slik blokkform vil i mindre grad få rotasjon, og vil ofte stoppe raskere enn mer avrundede og mindre avlange blokker. Terrenghelningen, løsmassedekket, skogen og blokkformen gjør at mange av steinsprangene i dalsiden vurderes å ha relativt korte utløp og vil stoppe i god tid før de treffer jernbanen, og at det kun er sjeldnere steinsprang som kan få utløp helt ned til jernbanen. Mange av de som går helt ned til jernbanen vil trolig stoppe i grøften til jernbanen på grunn av lav energi.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at steinsprang treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen. Det presiseres at vurderingen i foreliggende rapport tar utgangspunkt i dagens skog og dagens terreng. Dersom skogen fjernes i aktuell dalside vil skredfaren øke.

5.2 Steinskred

Steinskred utløses fra samme løsneområder som steinsprang, normalt fra større ustabile bergpartier. Erfaringsmessig er det kjent at steinskred har omtrent samme utløpslengde som steinsprang, men med større volum og partiklene i skredet interagerer og splittes ofte i mindre deler langs utløp. Det presiseres imidlertid at i enkelte tilfeller kan steinskred gå lenger enn steinsprang. InSAR Norway [20] antyder at det ikke er noen referansepunkter i fjellsiden som kan si noe om større bevegelser i fjellsiden. Det er ikke observert synlige strukturer og tegn til bevegelser hvor det kan løsne steinskred i fjellsiden.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at steinskred treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen.

5.3 Jordskred

Store deler av tiltaksområdet er lokalisert innenfor aktsomhetsområde for jord- og flomskred. Dalsiden består av terreng brattere enn 20 grader og det er mange steder sammenhengende løsmasser. Jordskred oppstår i løsmasser utenfor definerte vannveier. I tiltaksområdet vil det være områder utenfor de definerte vannveier hvor det er nok løsmasser til at jordskred kan oppstå

Mye av vannet som kommer fra nedbørsfeltet over tiltaksområdet vil dreneres ned i de definerte forsenkningene i dalsiden, noe som også går frem av dreneringsanalysen som er utført i kapittel 2.4. I overgangen mellom flatt og bratt område i toppen av dalsiden, og mellom forsenkningene, er det en forhøyning i terrenget og et tydelig vannskille hvor vannet drenerer bort fra de områdene mellom forsenkningene. Det vurderes som lav sannsynlighet for at vannet vil ta nye veier, og gå ned i tiltaksområdet utenfor de definerte forsenkningene. Mellom de definerte forsenkningene vil dermed vannet ha opphav fra et svært lite nedbørsfelt med rask avrenning, stort sett lokalt i dalsiden. Det ble på befaringen i disse områdene observert lite rennende vann og spor etter massetransport, og det ble heller ikke observert områder hvor grunnvann kommer ut i dagen.

Det er i store deler av tiltaksområdet en blanding av gran- og løvskog med høy kronedekning. Skog som dette har gode rotsystemer, som virker stabiliserende på løsmassene og reduserer sannsynligheten for utløsning av jordskred betydelig. Rotsystemene tar opp mye av vannet for eksempel fra store mengder nedbør, og skogen høyere opp i dalsiden begrenser de største nedbørstoppe. Registrert jord-/flomskred i 2004 gikk trolig som følge av flatehogst. Jordskredene som gikk før 1960-tallet (1808 og 1858) gikk da deler av dalsiden trolig var helt fri for skog. Områder uten skog gir en betydelig høyere sannsynlighet for jord- og flomskred, og forholdene før 1960-tallet var trolig betydelig mer ugunstig med tanke på faren for jordskred. Det antas også at flere av de registrerte skredhendelsene var relatert til bekkeløpene i de definerte forsenkningene, og dermed var flomskred, da det ved utløpene av disse er observert skredavsetninger..

Inntrykket er at løsmassemekktigheten i dalsiden mange steder er forholdsvis tynn/skrin, og at det er få områder hvor det er antatt stor løsmassemekktighet. Det observeres mange steder bergblotninger og bekkeløp som renner på bart berg, som indikerer et tynt løsmassedekke. Løsmassemekktigheten er imidlertid mange steder sammenhengende over større områder, og det kan ikke utelukkes at det er mindre områder med tykkere løsmassedekke hvor mindre utglidninger av løsmasser kan oppstå.

Det er observert mulige raskanter fra tidligere løsmasseskred i skyggerelieff. I felt er disse imidlertid betydelig mer udefinert. I de områdene hvor de observeres er det også antatt et relativt tynt løsmassedekke, da det observeres bergblotninger flere steder. Det kan dermed være snakk om skrenter som er tildekt med løsmasser eller grunne utglidninger av løsmasser.

Like over jernbanen er det bratt terreng (mange steder brattere enn 30 grader) hvor det er et tynt løsmassedekke over en glatt bergoverflate, og hvor skogen er fjernet helt. I dette området er det observert en rekke grunne utglidninger ned på berg. Den glatte bergoverflaten gir dårlig binding mellom berget og løsmassene, noe som reduserer stabiliteten betydelig. Fravær av skog og røtter reduserer også stabiliteten betydelig. Det kan ikke utelukkes at for eksempel ekstreme nedbørsmengder på kort

tid (styrtregn) kan resultere i større vannansamlinger i enkelte områder som kan utløse jordskred, selv om nedbørsfeltet er begrenset. Skredene som er observert er imidlertid små i størrelse, og har trolig kun gått i grøften og hatt lavt skadepotensiale for jernbanen. På grunn av det tynne løsmassedekket i dette området er det lite sannsynlig at utglidninger av løsmasser i dette området vil være store nok til å treffe jernbanen med et skadepotensiale.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at jordskred treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen.

Det presiseres at vurderingen i foreliggende rapport tar utgangspunkt i dagens skog og dagens terreng. Omfattende hogst, omlegging av vannveier i området over tiltaksområdet og etablering av midlertidige anleggsveier kan øke faren for jordskred betydelig.

5.4 Flomskred

Det er flere definerte bekkeløp i tiltaksområdet som går langs tydelige og bratte forsenkninger med tilgjengelige løsmasser for erosjon.

Mesteparten av nedbøren fra nedbørsfeltet over tiltaksområdet dreneres ned i bekkeløpene som renner i de definerte forsenkningene. Potensialet for vannføring i bekkeløpene er dermed ganske stor, selv om nedbørsfeltet over er forholdsvis begrenset. I overgangen mellom flatt og bratt terreng i toppen av dalsiden vil det være potensiale for opphopning av vann, for eksempel ved blokkering eller tett stikkrenne/åpning. Dette kan resultere i plutselig stor vannføring i bekkeløpene, som øker sannsynligheten for flomskred. Observerte spor langs bekkeløpene indikerer at det kan ha oppstått stor vannføring her tidligere.

Det er avsetninger i form av vifteformasjoner ved utløpet til de definerte forsenkningene, som enten indikerer flomskredaktivitet eller flomrelatert massetransport langs bekkeløpene. Det er også observert flere erosjonskanter eller utglidninger av løsmasser i sidekantene langs bekkeløp. Dette sammen med registrerte skredhendelser antyder at det har gått flomskred eller flomrelatert massetransport langs bekkeløpene tidligere og at det er sannsynlighet at det kan gå nye flomskred eller flomrelatert massetransport langs bekkeløpene også i fremtiden. Det er løsmasser tilgjengelig for massetransport langs bekkeløpene, men mektigheten og potensialet for erosjon vurderes å være begrenset. Enkelte steder er det løsmasser i form av steinblokker og morenemasser/forvittringsmateriale i sidekantene og enkelte steder med mer finmateriale. Andre steder renner bekkeløpene på bart berg hvor mesteparten av finmaterialet er vasket bort. Generelt er det mer løsmasser tilgjengelig i de flattere partiene av bekkeløpet og mer bart berg i de brattere partiene. Det er stedvis observert et potensiale for erosjon og medrivning av løsmasser nedover i bekkeløpet, men det generelle inntrykket er som tidligere omtalt at løsmassemektingen de fleste steder er relativt tynt og begrenset.

Utførte simuleringer av flomskred antyder at skredmassene vil følge forsenkningene og gå ut på jernbanen i midtre og østlig del. I vestlig del vil skredmassene stoppe før de treffer jernbanen i et relativt stort magasin. Simuleringene vurderes å gi et representativt bilde av flomskred med årlig sannsynlighet på 1/100.

Vannet fra nedbørsfeltet vil i hovedsak drenere ned i de definerte bekkeløpene og sannsynligheten for at vann tar nye veier vurderes som lav. Vannet vil utenfor de

definerte forsenkningene stamme fra et svært lite nedbørsfelt med rask avrenning, stort sett lokalt i dalsiden. Dette er også bakgrunnen for at det kun er utført simuleringer i de definerte bekkeløpene. Sannsynligheten for flomskred utenfor de definerte bekkeløpene vurderes derfor som lav, da vann er utløsende årsak til å utvikle stor nok massetransport som utvikles til et flomskred.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at flomskred treffer jernbane er høyere enn 1/100 for følgende strekninger:

- Km 493.63-493.66
- Km 493.86-493.90
- Km 494.18-494.22

Det presiseres at vurderingen i foreliggende rapport tar utgangspunkt i dagens skog og dagens terreng. Omfattende hogst, omlegging av vannveier i området over tiltaksområdet og etablering av midlertidige anleggsveier kan øke faren for flomskred betydelig.

5.5 Snøskred

Det er i tiltaksområdet skråninger som er brattere enn 25 grader med potensiale for dannelse av større flak uten tilstedeværelse av skog. Hele tiltaksområdet er lokalisert innenfor aktsomhetsområde for snøskred (S2, uten skogeffekt) og kun mindre områder i midtre og østlig del innenfor aktsomhetsområde for snøskred (S2, med skogeffekt).

Det er sammenhengende terrengformasjoner i fjellsiden med en form og helning som kan gi potensiale for større snøskred. Store deler av fjellsiden består imidlertid av tett skog med høy kronedekning. Skogen begrenser omfanget av vindtransportert snø inn i løsneområder og lagdeling av snøen betydelig. I tillegg vil trær fungere som anker som vil stabilisere snødekket. Snø som først legger seg på trærne og greiner vil falle på bakken som snøklumper, smelteomvandlet snø eller smeltevann. Dette vil redusere sannsynligheten for lagdeling i snødekket som kan gi flakskred.

Klimaanalysen antyder at det kan akkumuleres større snømengder i området på kort tid. Mest sannsynlig er det at de største snømengdene kommer med vind fra vest og nordvest. Nedbøren og vinden vil komme rett på fjellsiden, fjellsiden utgjør dermed ei støtside. Det vurderes dermed som lite sannsynlig at det vil akkumuleres større mengder vindtransportert snø inn i potensielle løsneområder i fjellsiden.

Klimaanalysen omtalt i kapittel 2.10 antyder at ingen av de registrerte skredhendelsene fra 1959 eller senere skilte seg vesentlig ut i forhold til andre år med tanke på blant annet 3-døgn nysnø eller snødybde. Det vurderes dermed som lite trolig at dette var større skredhendelser med store skadepotensial. Skredhendelsen i 1868 var imidlertid et stort snøskred som i dag trolig ville truffet jernbanen med stort skadepotensiale. Gamle flyfoto viser at deler av vestlig del av tiltaksområdet var helt fritt for skog. Områder frie for skog gir en betydelig høyere sannsynlighet for store snøskred, og forholdene før 1960-tallet antas å ha vært vesentlig mer ugunstig med tanke på faren for snøskred. Sannsynligheten for at det går store snøskred under dagens vegetasjonsforhold som treffer jernbanen vurderes som svært lav.

Det kan ikke utelukkes at det går små og lokale snøskred (løssnøskred) eller utglidninger av snø i bratt terreng like over jernbanen hvor det er felt skog over

jernbanen og at dette kan treffe jernbanen. Flere steder er det over 30 grader og relativt lav terrengruhet, som gjør at snø kan gli ut og treffe jernbanen. Hendelser som dette vil i de fleste tilfeller ha begrensede volum, og kun ha lavt skadepotensiale for trafikken på jernbanen. Dette vurderes ikke som et reelt skredproblem, men heller å kunne resultere i driftsmessige utfordringer med snø på svært snørike vintre.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at snøskred treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen. Det presiseres at vurderingen i foreliggende rapport tar utgangspunkt i dagens skog og dagens terreng. Omfattende hogst, kan øke faren for snøskred betydelig.

5.6 Sørpeskred

Det er i tiltaksområdet observert terrengformasjoner eller bekkeløp som kan samle vann i snødekket og et snødekke som tidvis kan være tykt. Det er ikke registrert sørpeskred i området.

Mest aktuelle løseområder for sørpeskred er i overgangen mellom flatt og bratt terreng i toppen av dalsiden, ved innløpet til de definerte forsenkningene. Særlig gjelder dette forsenkningen i vestlig del av tiltaksområdet, langs Slettåsbekken. I dette området er det potensiale for opphopning av vann over et større område. Bekken renner under en traktorveg gjennom en stikkrenne/åpning/bro med relativt begrenset kapasitet og hvor det kan tette seg. Det samme gjelder dersom bekkeløpet blokkeres eller fryser til is.

Større sørpeskred blir imidlertid sjeldent utløst i skogkledd terreng og vannet i tiltaksområdet kommer fra et begrenset nedbørsfelt, noe som bekreftes av markfuktighetskartet og dreneringsanalysen. Som følge av de små terrengformasjonene i området og nedbørsfeltet vurderes det som svært lite sannsynlig at det vil gå større sørpeskred nedover dette bekkeløpet. Ved utløpet til denne forsenkningen er det et relativt stort magasin som har kapasitet til å ta opp relativt store skredvolum. Det vurderes som svært lite sannsynlig at det vil gå sørpeskred store nok til at skredmassene går ut på jernbanen.

Ved de andre forsenkningene er potensialet for opphopning av vann lavere, da terrengformasjonene rundt og nedbørsfeltet til bekkeløpene er mindre. Sannsynligheten for utløsning av sørpeskred vurderes å være betydelig lavere her.

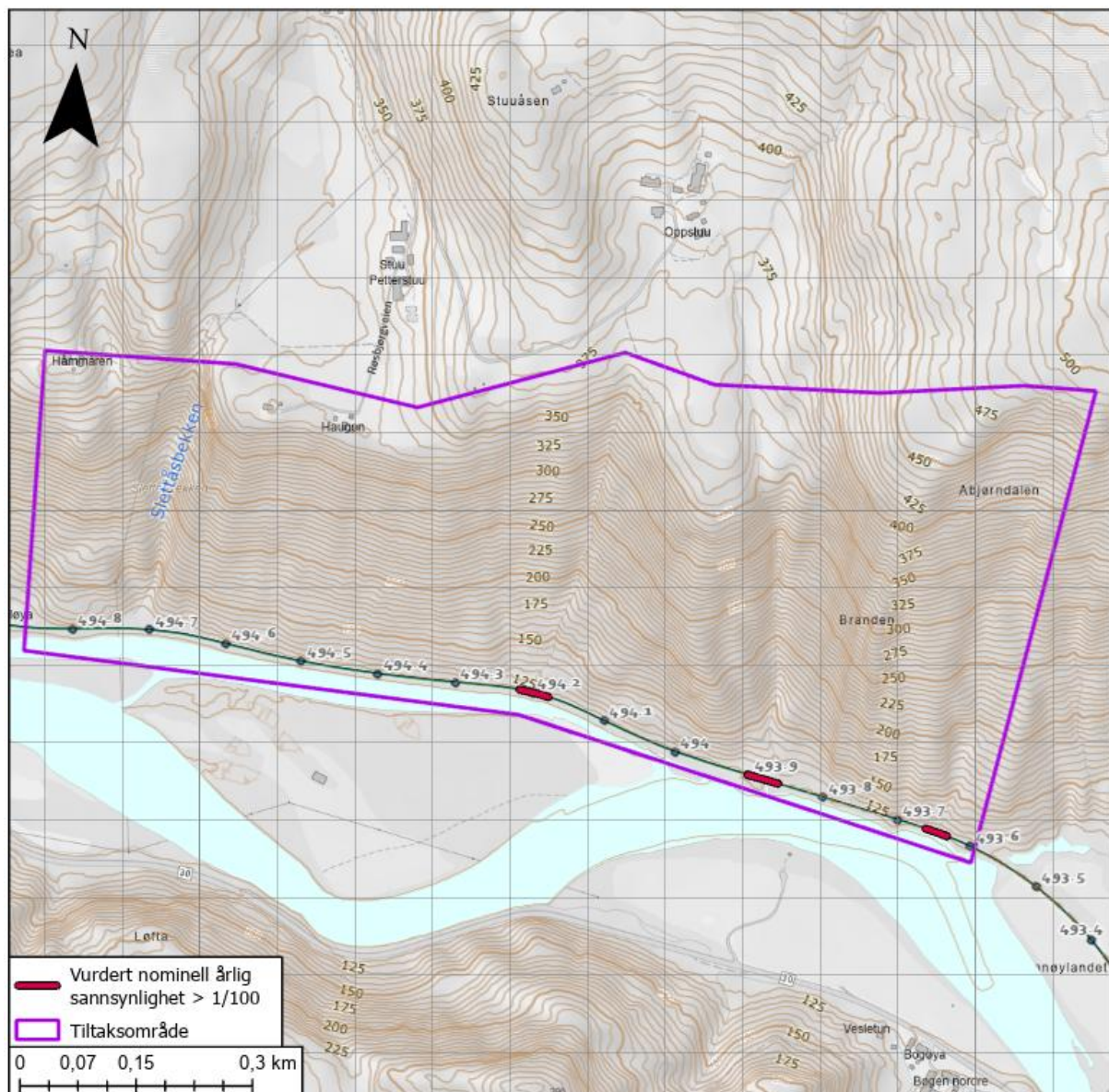
Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at sørpeskred treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen.

5.7 Samlet skredfare

Skredfaren i dalsiden som kan treffe jernbanen er i hovedsak knyttet til faren for flomskred langs definerte forsenkninger. Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at skred treffer jernbanen er høyere enn 1/100 ved følgende strekninger (se Figur 5-1):

- Km 493.63-493.66
- Km 493.86-493.90
- Km 494.18-494.22

Totalt gjelder dette en strekning på ca. 110 m.



Figur 5-1 Kart som viser strekning langs jernbanen hvor vurdert nominell årlig sannsynlighet er høyere enn 1/100.

6 VURDERING AV SIKRINGSTILTAK

Da nominell årlig sannsynlighet for at skred treffer jernbanen er høyere enn 1/100 for deler av strekningen anbefales det sikringstiltak. Skredfaren ved de aktuelle delstrekningene er i hovedsak knyttet til faren for flomskred i definerte løp, sikringstiltak må derfor dimensjoneres for flomskred.

For sikring mot flomskred vurderes følgende sikringstiltak som aktuelle:

- Fanggjerd for grunne jordskred (shallow landslide-gjerde) som også vil kunne stoppe mindre flomskred.
- Etablere skredmagasin for skredmasser i kombinasjon med økning av stikkrennekapasiteten under jernbanen.

Tre fanggjerd for grunne jordskred kan monteres i de tre forsenkningene. Lengden av hvert gjerde blir ca. 20-40 m, og gjerdene monteres i terrenget like over jernbanen. Endelig plassering, lengde og dimensjonering av fanggjerd vil fastsettes ved detaljprosjektering. Flomskredgjerd kan også være aktuelle, men disse krever normalt dypere forsenkninger enn det som er i dette området.

Skredmagasin kan etableres ved utløpet til forsenkningene, like på innsiden av jernbanen. Et tiltak som dette vil innebære graving og bergsprengning nær jernbanen. Magasinet bør etableres med bunn minimum ca. 2 m under jernbanenivå, og det bør etableres et fangvolum som tilsvarer et skred med årlig sannsynlighet på 1/100. Det bør vurderes behov for innløpskonstruksjon for underbyggingen til jernbanen inn mot magasinet. En slik kombinasjonsløsning kan være tilstrekkelig for å stoppe mindre flomskred.

Tabell 6-1 gir en oppsummering av noen fordeler og ulemper ved de to sikringsprinsippene. Figur 6-1 viser de tre punktene på strekningen hvor det anbefales sikringstiltak.

Tabell 6-1 Noen fordeler og ulemper ved de to sikringsprinsippene.

	Fordeler:	Ulemper:
Skredmagasin	• Mindre vedlikehold og oppfølging i driftsfasen • Mer varig løsning, ikke behov for å bytte i fremtiden • Kun tømning av magasin ved skred	• Vesentlig mer ulemper for jernbanetrafikken i byggefasen, da mye av arbeidet må foregå fra jernbanen • Trolig noe høyere investeringskostnad • Mer uforutsigbare mengde- og kostnadsestimat • Trolig lengre og mer uforutsigbar byggeperiode
Fanggjerd for flomskred	• Vesentlig mindre ulemper for jernbanetrafikken i byggefasen, da mye av	• Mer vedlikehold og oppfølging i driftsfasen • Mindre varig løsning, da fanggjerd har begrenset

	arbeidet kan foregå i terrenget over jernbanen • Trolig noe lavere investeringskostnad • Sikrere mengde- og kostnadsestimat • Trolig kortere og mer forutsigbar byggeperiode	levetid. Blir behov for å erstatte i fremtiden (typisk levetid: 25-50 år). • Tømming og trolig bytting av deler ved skred.
--	---	---



Figur 6-1 De tre punktene på strekningen hvor det anbefales sikringstiltak.

Skredfaren er vesentlig større i områder med åpne flater enn i områder dekket av skog. Dette gjelder særlig for jord- og flomskred hvor blant annet stabiliteten av løsmassene reduseres, jordas evne til å ta opp vann reduseres (som kan føre til mer overflateavrenning) og oppbremsingen av skred blir mindre. For steinsprang kan steinsprangblokker (som normalt er mindre enn 5 m³) tape energi og stoppe dersom det er mye skogvekst i et område. Norconsult anbefaler at skogfelling, og særlig flatehogst, begrenses i de bratteste og mest skredutsatte delene. Skogfelling og etablering av midlertidige anleggsveger kan gi endring av vannveier i området over tiltaksområdet som spesielt vil påvirke faren for jord – og flomskred.

6.1 Anbefalt sikringsløsning

Det er i samråd med Bane NOR valgt å gå videre med fanggjerdar for grunne jordskred som sikringstiltak. Tiltak som dette vil innebære vesentlig mindre ulemper for jernbanetrafikken i byggefasen, og mye av arbeidet kan foregå med normal trafikk på jernbanen. Gjerder som dette er forholdsvis raske og enkle å montere og arbeidet kan foregå i terrenget, uten særlig behov for arbeid fra jernbanen. I tiltaksområdet forventes det jord- og flomskred med relativt lange gjentakintervall, noe som gjør at vedlikehold av fanggjerdene forventes å være relativt begrenset. Da det skal sikres mot skred med nominell årlig sannsynlighet 1/100 vil det også være akseptert med en viss restrisiko. Fanggjerdssystemer vurderes som godt egnede sikringstiltak for jord- og flomskred ved de tre punktene.

I samråd med Bane NOR er det ikke vurdert kapasitet for stikkrennene som går under jernbanen ved de tre punktene. Det anbefales at dette vurderes nærmere av hydrologer. Ved det vestligste og midtre punktet er det skiftet ut stikkrenner i nyere tid og kapasiteten antas å være forholdsvis god. Kapasiteten for stikkrennen ved det østlige punktet er lav, og særlig dette punktet bør vurderes nærmere.

Stikkrennene bør vurderes nærmere særlig for å unngå vannrelaterte hendelser ved jernbanen, men også for å motvirke at de går tett som følge av massetransport langs bekkeløpene og som følge av jord- og flomskred. Ved en jord- og flomskredhendelse vil et fanggjerde fange opp mesteparten av skredmassene, men noe av massene vil kunne gå under og gjennom gjerdet og ned mot stikkrennen. Dersom stikkrennen har lav kapasitet, kan den lett gå tett og vann flomme over. Omfanget av massetransport som går gjennom gjerdet ved en skredhendelse vurderes som relativt lav, og skadepotensialet for et tog på jernbanen vil trolig være begrenset.

7 PROSJEKTERING AV SIKRINGSTILTAK

7.1 Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter

7.1.1 Standarder og regelverk

Se Kapittel 1.3.2.

7.1.2 Geoteknisk kategori, pålitelighetsklasse og kontrollklasse

I dette tilfelle anbefales det at skredsikringstiltakene klassifiseres i geotekniske kategorier (1, 2 og 3) avhengig av prosjektets kompleksitet og risiko i henhold til anbefalingene til N200 [24] og til Bane NORs tekniske regelverk for underbygning [4]. Geotekniske kategorier for veg eller baneprosjekter bestemmes i henhold til Eurokode 7 [25], hvor valg av geoteknisk kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 *Krav til prosjekteringen*. Geoteknisk kategori gir føringer for prosjekteringsmetoder og krav til kontroll.

Fundamentering av fangggjerder er generelt ikke en komplisert oppgave, men svikt (i stor skala) kan ha alvorlige konsekvenser. I dette tilfelle vil fundamenteringen bli utført stort sett på fast berg med antatt middels god bergmassekvalitet i et område med relativt begrenset løsmassemektinghet. Utarbeidelse av dimensjoneringskriterier for fangggjerder i dette tilfelle krever kunnskap om skredvolum og dynamisk trykk fra jord- og flomskred. I dette tilfelle skal fangggjerdene kun sikre mot jord- og flomskred med lave og moderate skredvolum og støttrykk, med en nominell årlig sannsynlighet som ikke skal være høyere enn 1/100 og hvor det aksepteres en viss restrisiko. Avvikende dimensjonsverdier kan imidlertid ha alvorlige konsekvenser. Design av gjerde blir utført av leverandør i henhold til standard konstruksjonsgeometri. I henhold til kapittel 2 i Eurokode 7 er det vurdert at det skal benyttes geoteknisk kategori 2 for fundamenteringen. Prosjekteringskontrollklassen og utførelseskontrollklassen velges på bakgrunn av pålitelighetsklasse (RC) og geoteknisk kategori (GK) i henhold til Tabell 1.2.1-2 og 1.2.2-2 i vegnormal N200 [24], gjengitt i Tabell 7-1 og Tabell 7-2.

Tabell 7-1 Valg av prosjekteringskontrollklasse [24].

	Pålitelighetsklasse:	Prosjekteringskontrollklasse:
Geoteknisk kategori 1	RC1	PKK1
Geoteknisk kategori 2	RC2	PKK2
Geoteknisk kategori 3	RC3	PKK3

Tabell 7-2 Valg av utførelseskontrollklasse [24].

	Pålitelighetsklasse:	Utførelseskontrollklasse:
Geoteknisk kategori 1	RC1	UKK1
Geoteknisk kategori 2	RC2	UKK2
Geoteknisk kategori 3	RC3	UKK3

I henhold til Eurokode 0 skal kontrollklasse velges etter tiltakets pålitelighetsklasse. Alle konstruksjoner inndeles i pålitelighetsklasser avhengig av konsekvensklasse og ønsket sikkerhet. I dette tilfelle er det valgt konsekvens- og pålitelighetsklasse CC/RC 2, i henhold til Eurokode 0, og kontrollklasse for prosjektering, PKK 2 og utførelse UKK 2. Basert på pålitelighetsklassen fastsettes kontrollklasse og

kontrollform for prosjektering og utførelse etter tabell NA.A1 (902) og tabell NA.A1 (903) i Eurokode 0.

Utvidet kontroll i prosjekteringsklasse PKK2/UKK2 kan begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll (kollegakontroll) er gjennomført og dokumentert, og det er ikke krav om faglig kontroll [24].

For utvidet kontroll under PKK 2 skal det utføres kvalifisert undersøkelse for å vurdere om geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse, samt at datagrunnlaget er tilstrekkelig. Det skal ved stikkprøver være dokumentert at forutsetninger fra prosjektering er fulgt. Det skal også kontrolleres at prosjekterende har et kvalitetssystem. Entreprenørens utførelse i UKK2 vil være underlagt utvidet utførelseskontroll.

7.2 Funksjonskrav

7.2.1 Levetid

Alle løsninger og konstruksjoner skal planlegges og dimensjoneres for en levetid på 50 år, noe som er i tråd med dimensjonerende brukstidskategori 4 i tabell 2.1 i kapittel 2.3 i Eurokode 0.

Kapittel 2.4 i Eurocode 0 informerer om krav til bestandighet, gitt at fangggjerdene ikke utsettes for skred. Mange områder i Norge har miljø tilsvarende korrosivitetsklassene C3 eller C4, som vil begrense levetiden til et fangggjerde. I miljø med korrosivitetsklassene C3, vil enkelte leverandører kunne levere hyllevare med levetid på 50 år. I dette tilfelle anbefaler vi å benytte korrosivitetsklasse C2 på grunn av innlandsklima. For fangggjerder stiller EAD 340020-00-0106 krav til minimum levetid på 25 år ved korrosivitetsklasse C2 (iht. EN ISO 9223), gitt at fangggjerdene ikke utsettes for skred [12].

7.2.2 Kvalitetssikring

Eurocode 0 krever at kvalitetssystem skal være tilgjengelig. Norconsult er sertifisert av BSI i henhold til Kvalitetssystem ISO 9001:2015 og Miljøsystem ISO 14001:2015 for rådgivning og tjenester innen geofagene.

7.3 Detaljprosjektering av fangggjerde mot jordskred

7.3.1 Type gjerde

Det anbefales å montere fangggjerder for sikring mot grunne jordskred («Shallow landslide protection/barrier»). Gjerder som dette er fleksible systemer som i stor grad kan tilpasses lokale forhold og er forholdsvis enkle å montere.

Eksempler på gjerder er «Shallow landslide barrier» SL-100 og SL-150 fra Geobruigg [26] eller «Shallow landslide protecion system» TS-HM-150-ZD fra Trumer (Figur 7-1) [27] som er dimensjonert for å sikre mot løsmasseskred med dynamisk trykk på henholdsvis 100 og 150 kN/m².



Figur 7-1 Eksempel på sikring av jernbane med fanggjerd for grunne jordskred, i dette tilfellet med Trumer shallow landslide protection system, TS-HM-150-ZD [27].

7.3.2 Dimensjonering

Dimensjonering av fanggjerd mot jord- og flomskred, herunder nødvendig styrke og høyde, er basert på utførte simuleringer i RAMMS Debrisflow (omtalt i Kapittel 4).

Skredfarevurderingen og dimensjoneringen av sikringstiltak er basert på at nominell årlig sannsynlighet for skred på jernbanen ikke skal være høyere enn 1/100, det betyr at det aksepteres en viss restrisiko. Utførte simuleringer vurderes å være representative men konservative, for skred med årlig sannsynlighet på 1/100. Se Kapittel 4 for ytterligere informasjon om valg av input-parametere og resultater for utførte simuleringer.

I dimensjoneringsgrunnlaget er det lagt til grunn maksimalverdier for flytehighyder, hastigheter og dynamiske støttrykk. Ved dimensjonering av fanggjerd anbefales å bruke partialfaktormetoden i henhold til Eurokode 7 [25] [28]. I dette tilfellet er det brukt en partialfaktor $\gamma = 1,3$.

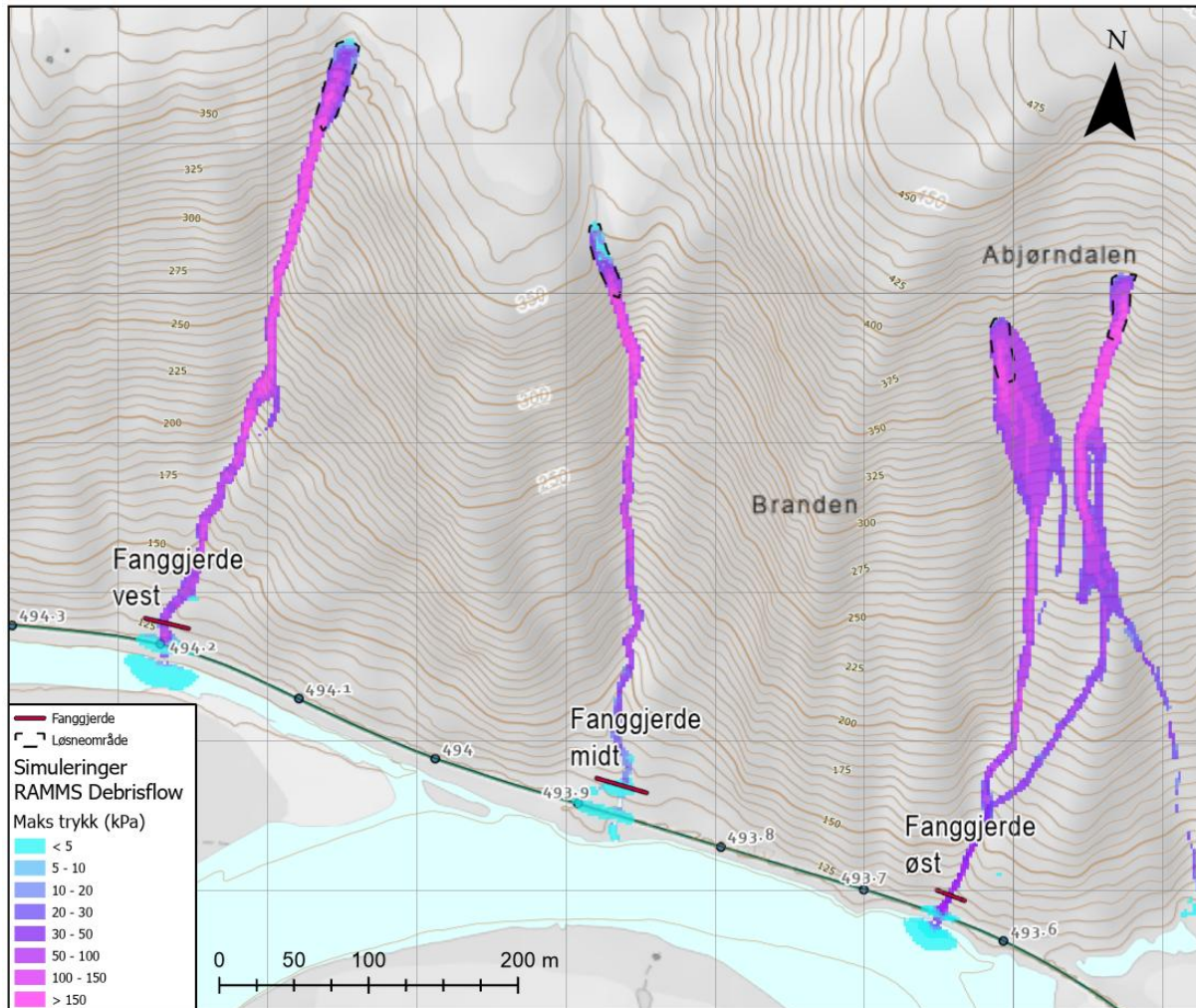
Nødvendig styrke (dimensjonerende støttrykk)

Utførte simuleringer i RAMMS Debrisflow er benyttet for å beregne skredhastigheter, flytehighyder og dynamiske støttrykk for skredmassene. I tillegg er formel for dynamisk støttrykk benyttet, som kan utledes fra ulike empiriske formler.

Støttrykkberegningene er basert på generelle formler utviklet for væsker (stagnasjonstrykket, P_s), som også eksempelvis brukes for snøskred [29] og som er avhengig av hastighet på massestrømmen:

$$P_s = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^2 \quad \left(P_s = C_d \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^2 (Pa) \right)$$

I formelen er ρ væsken/strømmens densitet (satt til 1800 kg/m^3) og u er hastighet. Denne formelen kan også utvides med en dragkoeffisient (C_d) som er avhengig av formen på konstruksjonen (hindring) som strømningstypen støter mot. RAMMS Debrisflow benytter denne formelen for å utlede dynamisk støttrykk, med $C_d=2$ (svarer til vegg, plan flate). Dimensjonerende støttrykkberegninger ved aktuelle plasseringer av fanggjerdene er oppgitt i Tabell 7-3. Dimensjonerende skredvolum er redusert med ca. 30 % i henhold til totale skredvolum som er oppgitt i Tabell 4-1 (Kapittel 4), basert på anbefalinger i håndbok V139 [30].



Figur 7-2 Simuleringer i Debrisflow med maksimalt støttrykk fra skredmassene (kPa).

Tabell 7-3 Dimensjonerende verdier for hastighet, flyte høyde, støttrykk og fangvolum hvor fanggjerdene anbefales plassert.

Fanggjærde:	Hastighet:	Flyte høyde:	Støttrykk:	Fangvolum:
Fanggjærde vest	6 m/s	1 m	65 kPa	250 m ³
Fanggjærde midt	4 m/s	1 m	30 kPa	200 m ³
Fanggjærde øst	6 m/s	0,5 m	70 kPa	350 m ³

Med bakgrunn i dimensjonerende verdier og partialfaktor på 1,3 vurderes behov for fanggjerdene som kan ta imot et **dynamisk støttrykk på minimum 100 kN/m² (100 kPa)**.

Nødvendig høyde

Fanggjerdene for grunne jordskred leveres vanligvis i høyder fra ca. 2 til 4,5 m. Det anbefales en viss høyde for også å kunne ta opp nødvendig skredvolum. Den effektive høyden reduseres ofte med 15% ved treff, noe som vil redusere lagringskapasiteten.

Nødvendig høyde for fanggjerdene vurderes til minimum 3 m.

7.3.3 Plassering

Trasé, lengde og tilpasninger til terrenget

Figur 7-3, Figur 7-4 og Vedlegg 3 viser foreslåtte fanggjerdetraseer for de tre fanggjerdene. Tabell 7-4 angir foreslåtte lengder og ca. kilometrering langs jernbanen. Plasseringen er satt ut fra spredning av skredmasser i utførte simuleringer og ut fra topografien i området.

Tabell 7-4 Lengde for de 3 fanggjerdene.

Fanggjerde:	Lengde:	Km ved jernbanen:
Fanggjerde øst	Ca. 20 m	Ca. 493.635-493.655
Fanggjerde midt	Ca. 35 m	Ca. 493.858-493.893
Fanggjerde vest	Ca. 30 m	Ca. 494.185-494.215
Totalt	Ca. 85 m (ca. 90 m)	

Det anbefales imidlertid at endelig plassering av fanggjerdene vurderes i forbindelse med utstikning i felt, hvor både prosjekterende og utførende entreprenør bør delta. Målene som er oppgitt i Tabell 7-4 er målt i horisontallinje i ArcGis pro. Det må derfor påregnes noe ekstra for eventuelle ujevnheter i terrenget og retningsforandringer til gjerdene, den totale lengden estimeres derfor til ca. 90m. Gjerdet bør bestilles etter utstikning i felt, da justeringer av plassering kan ha innvirkning på endelig lengde, antall stolper og antall forankringer.

Følgende bør tas høyde for ved endelig fastsettelse av plassering av fanggjerdene:

- Fanggjerdene bør plasseres nært jernbanen, men det må samtidig tas høyde for fanggjerdens arbeidsrom (deformasjon ved treff) og settes en buffersone som tar hensyn til dette. Gjerdeplassering som er foreslått i foreliggende rapport har en avstand til jernbanen som varierer innenfor ca. 14-20 m (målt fra midt spor). I forhold til mulig fremtidig elektrifisering av Rørosbanen bør fanggjerdens arbeidsrom ved fullt utslag ikke være nærmere enn 5 m fra jernbanen (målt fra midt spor). Maksimal deformasjon av et fanggjerde varierer noe fra leverandør til leverandør. Avstanden bør ikke være mindre enn 12,5 m til jernbanen.
- Fanggjerdene må imidlertid ikke plasseres for langt ned mot jernbanen, da skredmassene vil spre seg mer ut nærmere jernbanen og det kan bli behov for lengre gjerdene.
- Fanggjerdene bør plasseres slik at eventuell tømning og vedlikehold er enklest mulig etter at det har gått skred i gjerdene. Ønsket tilkomst ved montering må også vurderes i forhold til endelig plassering av gjerdene.
- Fanggjerdene bør plasseres slik at de aktuelle skredløpene/bekkeløpene dekkes helt, og godt ut på begge sider for å sikre hele skredbanen dersom skredene brer seg utover.

- Fanggjerdene bør plasseres langs linjer i terrenget med så lite høydeforskjell som mulig. Dette vil gi enklere montering, vedlikehold og tømning av fanggjerdene ved treff. Leverandører har toleransegrenser for høydeforskjeller.
- Det bør, så langt det er mulig, unngås for brå retningsforandringer av gjerdestraseene, men forsøke å ha jevne overgangen og retningsforandringer. Ulike fanggjerdar har ulike toleransegrenser for retningsforandringer.
- En bør, så langt det er mulig, unngå at gjerdestolper plasseres i kanalisierende terreng, søkk eller forsenkninger hvor det kan være økt potensiale for erosjon og økt sannsynlighet for at skred kanaliseres og at gjerdestolpene treffes. Rygger vil ofte ha bedre bergmassekvalitet, lavere løsmassemekthet og bedre forankringsforhold. Figur 7-5 viser eksempel og prinsipp for hvordan gjerdestolpene bør plasseres i kanalisierende terreng, søkk eller forsenkninger.
- Det kan være en fordel å plassere fanggjerdene hvor det er antatt noe lavere løsmassemekthet og eventuelt oppstikkende berg, og unngå å plassere hvor det er antatt høyere løsmassemekthet.
- Endelig lengde av fanggjerdene må også tilpasses i forhold til antall stolper og stolpeavstand. Stolpeavstand er vanligvis ca. 5 m.



Figur 7-3 Ortofoto som viser foreslåtte fanggjærde-traseer for de tre fanggjærdene, og eiendomsgrense for Bane NOR sin eiendom Gbnr. 4010/43.



Figur 7-4 Dronefoto som viser foreslåtte fanggjerdetraseer for de tre fanggjerdene. Bilde sett mot nordvest.



Figur 7-5 Prinsipp som viser hvordan gjerdestolpene til fanggjerdene bør plasseres mellom kanalisierende terreng, søkk eller forsenkninger. Det må etableres tilstrekkelig undertetting i kanalisierende terreng, men det anbefales i skredløp/bekkeløp ca. 20 cm avstand ned til bakken (lysåpning) for å slippe gjennom noe massetransport.

Undertetting

Hvor fanggjerdene går forbi kanaliserende terreng, søkk eller forsenkninger eller andre ujevnheter må det etableres tilstrekkelig undertetting mellom bakken og fanggjerdene, dette for å hindre at skred går under fanggjerdene. I de definerte skredløpene/bekkeløpene anbefales imidlertid en avstand på ca. 20 cm mellom undertettingen og bakken (lysåpning) for å slippe gjennom noe massetransport fra bekkeløpene/vannføringen. Se Figur 7-5 for prinsipp og eksempel for undertetting i et skredløp/bekkeløp.

Materialer som benyttes til undertetting skal være av samme type som nettet til fanggjerdene. Se Kapittel 7.3.8 for materialkrav.

Innernett

Fanggjerdene skal monteres med et innernett med en åpning som ikke overstiger 65 mm. Maskestørrelse/åpning på innernett skal imidlertid følge leverandørens anvisninger, og er typisk 60-65 mm for gjerder som dette. Dette for å sikre at fragmenter av mindre størrelse fanges opp av gjerdet, og ikke går gjennom. Se Kapittel 7.3.8 for materialkrav.

7.3.4 Grunnforhold

Bergmassekvalitet

Berggrunnen ved det østligste fanggjerdet (Fanggjerd øst) er metakiselstein, båndet kvartsitt stedvis granatførende. Det er bergskjæringer like nedenfor med middels til grov oppsprekking, og tilsynelatende relativt massivt berg med middels til lav forvitringsgrad. Det er ikke observert partier med tett oppsprukket bergmasse eller større svakhetssoner i dette området. Bergmassekvaliteten i dette området vurderes som middels god.

Berggrunnen ved de to andre fanggjerdene (Fanggjerd midt og vest) er glimmerskifer. Det er i dette området noe færre bergskjæringer, men for de bergblotningene og bergskjæringer som er observert er det middels til grov oppsprekking med middels forvitringsgrad. Glimmerinnholdet i bergmassen varierer noe, men omfanget antas å være forholdsvis begrenset. Det er ikke observert partier med tett oppsprukket bergmasse eller større svakhetssoner i dette området. Bergmassekvaliteten i dette området vurderes som middels god.

Løsmasser

Løsmassemekthigheten ved Fanggjerd øst antas å være lav, inntil ca. 1 m. Det er sammenhengende bergskjæring langs jernbanen i dette området, og observert noe eksponert berg flere steder over. Topografien i området tilsier lav løsmassemekthighet.

Løsmassemekthigheten ved Fanggjerd midt antas å være noe høyere, inntil ca. 1,5-2 m. Det er ingen bergskjæringer i umiddelbar nærhet, men det observeres noen bergblotninger lenger opp og bergskjæringer lenger øst og vest. Utløpet av bekkeløpet utgjør en vifteformasjon fra tidligere skredaktivitet eller flomrelatert massetransport langs bekkeløpet. Vifteformasjonen antas imidlertid begrenset i størrelse og mektighet. Hvor fanggjerdene foreslås plassert antas tynnere løsmassemekthighet enn helt ved utløpet. Bekkeløpet renner noen steder på antatt berggrunn, så løsmassemekthigheten er trolig begrenset.

Løsmassemekthigheten ved Fanggjerd vest antas noe høyere enn ved de to andre, inntil flere meter. Det er ingen bergskjæringer i umiddelbar nærheten, men det

observeres bergskjæringer noe lenger mot vest. Utløpet her utgjør også en vifteformasjon fra tidligere skredaktivitet eller flomrelatert massetransport langs bekkeløpet. Vifteformasjonen har trolig begrenset mektighet.

Tabell 7-5 Oppsummering av vurdert bergmassekvalitet og antatt løsmassemektighet.

Fanggjerde	Bergmassekvalitet:	Løsmassemektighet:
Fanggjerde vest	Middels	Inntil ca. 1 m
Fanggjerde midt	Middels	Inntil ca. 1,5-2 m
Fanggjerde øst	Middels	Inntil flere meter

7.3.5 Forankring

Det antas forankringer stort sett i fast fjell, med middels god bergmassekvalitet. Det må påregnes boring gjennom løsmasser til berg. Enkelte forankringer i løsmasser alene kan ikke utelukkes, da det kan finnes områder med løsmasser med stor mektighet og løsmassemektighet er usikker. Nedre deler av bekkeløpene mot jernbanen består av vifteformasjoner fra tidligere skredaktivitet eller flomrelatert massetransport langs bekkeløpet, og løsmassemektighet i disse områdene er noe usikre.

Beregninger av nødvendig forankringslengde i berg er utført etter Statens vegvesens metode for stagforankringer gitt i Veileder V220 Geoteknikk i vegbygging, Kapittel 11.6.4.5 [31]. Det er forutsatt verdier for bergarten gneis, med bergmasse med tre sprekkesett og sporadiske sprekker. Det er observert sprekkesett/skifrihet med fall ned mot jernbanen. Det er antatt en karakteristisk heftfasthet på 1,5 MPa, trykkfasthet ≥ 50 MPa på bruddplan og en bruddvinkel for bergmassen ≤ 30 grader. Største dimensjonerende strekkraft i forankringsstag settes til 200 kN, som er vanlige laster gjerdeleverandører oppgir for fanggjerder mot grunne jordskred. Det presiseres imidlertid at dimensjonerende strekkraft kan variere noe for ulike gjerdeleverandører. Beregningene antyder behov for minimum 2,6 m innboringsslengde for forankring av enkeltstag i berg, se vedlegg 4.

Forankringslengder i berg skal derfor være minimum 2,6 m i godt berg (gyst lengde), dette gjelder alle forankringer foruten vertikale stag til fotplatene. Dersom produsenten leverer generelle anbefalinger for forankringslengder og den er lengre enn 2,6 m skal produsentens forankringslengder benyttes. Dersom det gjennombores i eksempelvis 2 m med løsmasse til berg, skal total forankringslengde være 4,6 m, derav 2 m i løsmasse og 2,6 m i godt berg.

Dersom selvborende stag skal benyttes bør det dokumenteres om skjærkapasiteten til staget er tilstrekkelig. Materialet i staget skal tilfredsstille krav iht. NS-EN 1537:2013, og følgelig være av typen S460NH iht. NS-EN 10210-1.

Vertikale stag til fotplatene skal ha en innboringsslengde på minimum 1 m i godt berg.

Lokal stabilitet (enkeltblokker) må sikres før en forankring kan installeres. Det er viktig å sørge for at forankringen er i berg, og ikke i løse blokker som ligger i terrenget. Dette må vurderes på stedet av utførende entreprenør.

Det skal bores minst tre prøveankere som skal prøvetrekkes, minst ett prøveanker per fanggjerde. Prøvetrekking er nærmere omtalt i Kap. 7.3.11.

Dersom det blir behov for rene løsmasseanker viser erfaringer fra bransjen for vanlige fanggjerdar (typisk laststørrelser på >300 kN) at forankringslengder på 6-8 meter er tilstrekkelig [32]. I dette tilfelle anbefales det en forankringslengde på 8 meter i løsmasser. Forankringslengden vil kunne bli justert etter at forankringsarbeidene har kommet i gang. Utførelse skal være iht. anbefalinger av leverandør av forankringssystem.

Det må i henhold til EN 1537 utføres tester av stagforankringen for å verifisere at forankringslengden er tilstrekkelig. I henhold til Eurokode 7 del 1 skal det, dersom stag avsluttes i løsmasser eller dårlig berg, utføres egnethetsprøve på minst 3 ankere i representative grunnforhold, men utenfor konstruksjonen. Egnethetsprøving utføres iht. prøvemethode beskrevet i kapittel 7.3.11.

7.3.6 Felling av trær og fjerning av vegetasjon

Det må påregnes felling av skog/trær og fjerning av vegetasjon langs fanggjerdetraseen og som kommer i konflikt med monteringen og anleggsarbeidet, og dette må utføres før igangsetting av montering av fanggjerdene. Det må tas høyde for fanggjerdens sideforankringer (typisk ca. 5-6 m ut på sidene) og bakbarduneringer (typisk ca. 4-6 m bak) i tillegg til tilstrekkelig arbeidsrom, og dette kan variere noe fra leverandør til leverandør.

7.3.7 Montering

Materialer som benyttes til undertetting skal være av samme type som nettet i fanggjerdene, og dokumentasjon på dette skal forelegges byggherren. Leverandørtegninger, monteringsanvisning og arbeidsprosedyrer skal fremlegges byggherren før arbeidene starter. Monteringsanvisning fra leverandør skal følges ved oppføring av gjerdet. Alle forankringer skal som hovedregel etableres i godt berg. Forankringslengden skal være minimum 2,6 m i godt berg (gyst lengde, Kapittel 7.3.5). Ved rene løsmasseforankringer (som trolig ikke blir aktuelt, men som ikke kan utelukkes) skal forankringslengden være 8 meter.

Det anbefales ikke gysing ved temperaturer under 5 °C. Ved eventuell gysing i temperaturer lavere enn 5°C er entreprenør (og eventuelle produktleverandører) selv ansvarlige for at egne prosedyrer for gysing i kaldt klima blir fulgt og fungerer slik at mørtelen oppnår tilstrekkelig strekkfasthet før prøvetrekking.

Fundamentering både for nettstolper, forankringswire og bolter vil være på varierende grunn, fra eksponert berg til løsmasser. Eventuelle betongfundament til fotplater skal etableres der gjerdeprodusenten krever det.

Det er viktig at det er god dialog med mellom ingeniørgeolog, entreprenør og byggherre under utstikning av gjerdeprodusenten, prøvetrekkingen og monteringen.

7.3.8 Kvalitet

Systemet skal være motstandsdyktig mot korrosjon, UV-stråling og termisk nedbrytning. Vaier og hovednett skal være korrupsjonsbeskyttet med Zink 95% / Aluminium 5% klasse A iht. UNI EN 10244-2-2009.

Stolper, fotplater etc. skal varmforsinkes iht. NS-EN ISO 1461 / EN ISO 14713 med minimum 0,085 mm (85my). Forankringer og tilbehør skal ha stålkvalitet B500NC, være varmforsinket i henhold til NS-EN1461 og pulverlakkert med minst 60 mikrometer epoxy i henhold til NS-EN 14438. Åpninger i nettet skal ha største

diameter maksimalt 65 mm. Gysemasse i forankringene skal tilfredsstillende fasthetsklasse B45. Mørtelen som benyttes til eventuelle betongfundamenter og faststøping av forankringer skal ha fasthetsklasse minimum B35 (trykkfasthet terning 45 MPa).

7.3.9 Dokumentasjon og sjekklister

Leverandørtegninger, monteringsanvisning og arbeidsprosedyrer skal fremlegges byggherren. Monteringsanvisning fra leverandør skal følges ved oppføring av gjerdet. Det skal føres logg for boring av hver enkelt forankring. Loggen skal overleveres byggherren og minimum inneholde: tidspunkt, vær, dybde til berg, bergkvalitet, evt. borevansker, type forankring, stikning, hvem som har utført boring mv.

Produktdatablader for stag og mørtel skal oversendes til byggherre ved oppstart. Dokumentasjon på materialer som benyttes til undertetting skal forelegges byggherren. Det er viktig at det er god dialog med mellom ingeniørgeolog, entreprenør og byggherre under utstikning av gjerdetrase, prøvetrekkingen og monteringen. Det skal foreligge sjekklister fra prøvetrekkingen som dokumenterer at prosedyren beskrevet i avsnittet under er fulgt. I tillegg skal det foreligge sjekkliste at gjerdet er montert i henhold til monteringsanvisning.

7.3.10 Dimensjonering for andre skredtyper og laster

Det vurderes at det ikke er behov for å dimensjonere fanggjerdene til andre skredtyper eller laster enn jord- og flomskred, slik som snøskred eller snølaster. Fanggjerdene for grunne jordskred er imidlertid ofte dimensjonert for å tåle steinsprang med små eller moderate energier, ofte inntil ca. 500 kJ. Dette vil bidra til å redusere sannsynligheten for steinsprang for de punktene hvor gjerdene monteres. Effekten på reduksjon av steinsprang for hele strekningen er imidlertid begrenset da det kun monteres fanggjerdene ved tre korte punkter.

7.3.11 Prøvetrekking

20 % av alle forankringer av side - og bakbarduner (og eventuelt frontbarduner) for alle fanggjerdene, og forankret i minst 2,6 m godt berg, skal prøvetrekkes i belastningsretningen til $0,7 \cdot P_p$, dvs. 70% av minimumskapasitet for ankrene iht. produsentens krav til forankringene. Det skal også utføres prøvetrekking av prøveankere opptil $1,35 \cdot P_p$, dvs. 135% ganger karakteristisk last spesifisert fra leverandør. Prøveankere skal være forankret i minst 2,6 m godt berg. Plassering av prøvestagene skjer i samråd med entreprenør under utførelse. Det skal prøvetrekkes i minst tre prøveankere, minst ett prøveanker per fanggjerde. Entreprenør må skaffe til veie egnet utstyr for å utføre prøvetrekking, herunder motholds-system som ikke synker inn i bakken ved prøvetrekking på løsmasser. Utførelse av prøvetrekking skal skje i henhold til leverandørens spesifikasjoner. Herdetid på betong skal være minimum 14 dager før prøvetrekking.

Nedenfor er anbefalt prosedyre for prøvetrekkingen:

1. Spenn opp til 33 % av maksimal prøvelast, vent 1 minutt
2. Spenn opp til 67 % av maksimal prøvelast, vent 1 minutt
3. Spenn videre opp til 100 % av maksimal prøvelast, vent 1 minutt
4. Reduser trykket til 0 %
5. Spenn opp til 100% av maksimal prøvelast, vent 1 minutt
6. Ta av trykket, prøvetrekkingen er ferdig

Prøvetrekking av forankringer skal spres slik at det utføres omtrent like mange for de tre fanggjerdene.

7.4 Sikkerhet ved utførelse – vurdering av skredfare i anleggsfasen

Fanggjerdene skal monteres i foten av fjellsiden ved Litløya-Granøylandet i utløpet til definerte forsenkninger hvor det kan gå jord- og flomskred, og hvor det kan være noe fare for steinsprang (men med vurdert lav sannsynlighet). Arbeidsområdene er dermed lokalisert i skredutsatt terreng, hvor det er fare for at det kan gå skred.

Sannsynligheten for jord- og flomskred som kan treffe jernbanen og arbeidsområdene er ikke eksakt kvantifisert, men vurderes som relativt lav med en nominell årlig sannsynlighet som ligger mellom ca. 1/50 - 1/100, det vil si at et skred statistisk sett vil treffe jernbanen eller arbeidsområdet omtrent ca. hvert 50. - 100. år. Jord- og flomskred er ofte værutløste skredhendelser, som løses ut i forbindelse med mye nedbør på kort tid og/eller intens snøsmelting. I perioder med lite nedbør og/eller snøsmelting vurderes det som svært lite sannsynlig at det vil gå jord- og flomskred i fjellsiden, og risiko for å bli tatt av denne typen skred er svært lav. Det er derfor enkelt å identifisere perioder med økt risiko for skred, og dermed håndtere skredrisikoen i området.

Håndtering av skredfare og minimering av skredrisiko vil være viktig for å få gjennomført god HMS i prosjektet og bør være et sentralt tema både i oppstartsmøte og underveis i byggemøter. Følgende tiltak kan vurderes for å håndtere skredfare og minimere skredrisiko:

- Identifisere risikoelementer og utføre risikoreduserende tiltak (HMS-plan og Sikker Jobb Analyse).
- Redusere eksponeringen for skredfare ved å identifisere arbeid som kan utføres utenfor skredutsatt område, for eksempel:
 - Klargjøring av gjerdeelementer før montering
 - Vedlikehold av utstyr
 - Møter, pauser etc.
- Unngå arbeid i skredutsatt område når det er pågående vær som kan gi økt fare for at jord- og flomskred utløses, som for eksempel:
 - Under og rett etter kraftig regnvær
 - Perioder med stor vannføring i terrenget (for eksempel i forbindelse med kraftig snøsmelting og/eller regn/styrtregn)
- Vurdere om det er behov for å arbeide i skredutsatt område når det er mørkt og dårlig sikt.

For øvrig er montering av fanggjerd normal arbeid for en fjellsikringsentreprenør, og risiko i forbindelse med arbeidene forutsettes ivarettatt av entreprenørens normale prosedyrer og rutiner.

7.5 Drift og vedlikehold

Det er i TEK 17 § 4 krav om at det skal leveres en bruk-, vedlikehold og reparasjonsprosedyre (FDV-dokumentasjon). FDV-dokumentasjon er lovpålagt dokumentasjon for et bygg som inneholder produkter som skal forvaltes, driftes eller vedlikeholdes i løpet av byggets levetid. Ansvarlig prosjekterende og ansvarlig utførende skal, innenfor sitt ansvarsområde, framlegge den nødvendige

dokumentasjonen for ansvarlig søker. Dokumentasjonen skal gi grunnlag for hvordan igangsetting, forvaltning, drift og vedlikehold av byggverket, tekniske installasjoner og anlegg skal utføres på en tilfredsstillende måte. Fanggjerdene som skal monteres i dette tilfellet blir ansett som en teknisk installasjon.

Det er tatt utgangspunktet i Statens vegvesen sin håndbok R610 [33] for anbefaling av vedlikehold og inspeksjonsprosedyre i dette tilfelle. Det anbefales at gjerdene inspiseres hvert år. Viktige momenter som bør undersøkes under en inspeksjon er følgende:

- Løsmasser i nettet.
- Deformasjon, korrosjon eller brudd på bremseelementer.
- Deformasjon, frynser eller korrosjon på wire.
- Sammendragning eller deformasjon på wire-clips.
- Revnet grovmasket nett og innernett.
- Skade på stolpe eller wire-guide, skjevhet eller korrosjon.
- Skjevhet, deformasjon, erosjon eller sig i grunn rundt fotplater og fundament.
- Deformasjon av forankring, erosjon rundt forankring eller uheldig skjærpåvirkning på forankringene.
- Busker og trær i og ved nettet.

Ytterligere detaljer rundt utførelse for drift og vedlikehold vil også utarbeides av gjerdeleverandør.

Inspeksjonen bør utføres av driftspersonell i Bane NOR under forutsetning at det foreligger en detaljert inspeksjonsprosedyre fra leverandør. Ved større skredhendelser kan det være behov for å tømme gjerdene. Elementer som ofte er ødelagt i forbindelse med treff er bremseelementer og langsgående wire, og gjerdestolper. Dersom det oppstår behov for tømning av nettet, eller reparasjoner av kritiske elementer, må en entreprenør med relevant erfaring innenfor montering av fanggjerd kontaktet.

7.6 Restrisiko

Jord- og flomskred har i realiteten forholdsvis kompleks dynamikk med løsneområder, erosjon nedover langs skredløp og avsetning i skredløpet og i skredutløpet. Fysiske modeller som RAMMS Debris flow gir et forenklet bilde av virkeligheten, hvor input-parameterne ofte er usikre noe som også gir usikre resultat. I simuleringene som er utført i dette tilfellet er det definert løsneareal og bruddhøyde, men ikke vurdert hensiktsmessig å inkludere erosjon nedover langs skredløpet. Det er i stedet tatt høyde for dette ved å definere noe mer konservative løsneområder, som gir noe større skredvolum. Da input-parameterne er noe usikre er det også utført noe konservative simuleringer.

Nominell årlig sannsynlighet for skred vurderes som lavere enn 1/100 dersom fanggjerdene monteres i henhold til prosjekteringsrapporten og gjerdeleverandørens monteringsinstrukser. En forutsetning for sannsynlighet for skred lavere enn 1/100 er også at fanggjerdene tømmes og vedlikeholdes etter at det har gått skred i gjerdene, da skred kan skade gjerdene og gjerdeelementer som kan redusere kapasiteten og effekten.

Gjerdene er ikke dimensjonert for større jord- og flomskred, større steinsprang eller andre typer skred slik som snøskred. Skred som dette vurderes imidlertid som sjeldne tilfeller med en sannsynlighet vesentlig lavere enn 1/100.

Mindre justeringer av anbefalte plasseringer av fanggjerdene kan forekomme etter befaring med entreprenør/leverandør under utstikning i felt. Ønsket tilkomst i forbindelse med montering eller tilpasning av gjerdestolper til terreng og grunnforhold er eksempler som kan endre forutsetningene for plassering som er lagt til grunn i dette tilfelle.

7.7 Andre forhold

7.7.1 Høyspent

Det er ingen høyspentledninger eller luftspenn som kommer i konflikt med bygging av fanggjerdene.

7.7.2 Verneområder

Det er i Miljødirektoratets kartvisning «Verneområder i Norge» [34] ikke identifisert verneområder som kommer i konflikt med bygging av fanggjerdene.

7.7.3 Byggesøknad

Gjennom dialog med Midtre Gauldal kommune er det konkludert med at det for bygging av fanggjerdene må søkes om dispensasjon fra kommuneplanens arealdel (KPA), hvor området er lokalisert innenfor LNFD-område (Landbruk, natur- og friluftsområder samt reindrift).

7.7.4 Eiendomsforhold

Figur 7-3 viser kart over Bane NORs eiendom Gbnr. 4010/43 i forhold til fanggjerdetraseene. Utenfor dette må det inngås avtale med grunneier for bygging av fanggjerdene. Dette kan bli aktuelt for østlig ende av Fanggjerde øst, hvor fanggjerdene vil gå utenfor eiendommen. Selv om stolpene til fanggjerdene ikke nødvendigvis står utenfor eiendommen så kan sideforankringer (typisk ca. 5-6 m ut på sidene) og bak-barduneringer (typisk ca. 4-6 m bak) gjøre det. I tillegg bør det tas høyde for et arbeidsareal rundt fanggjerdene.

8 REFERANSER

- [1] Sweco, «Skredfarekartlegging Rørosbanen. Detaljert nivå. Stensli (km 442) - Støren (km 510),» 2013.
- [2] Skred AS, «Skredfarekartlegging Område Nord, Trøndelag og Innlandet. Skredrapport med nytte-kostvurdering.,» 2023.
- [3] «Norsk klimaservice sender Seklima,» [Internett]. Available: <https://seklima.met.no/>.
- [4] Bane NOR, «Bane NOR Teknisk regelverk,» [Internett]. Available: <https://trv.banenor.no/wiki/Forside>.
- [5] NVE, «Utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng - utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak,» [Internett]. Available: <https://veiledere.nve.no/utredning-av-sikkerhet-mot-skred-i-bratt-terreng/>. [Funnet 2025].
- [6] «Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) - TEK17,» 2017. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840>.
- [7] Staten vegvesen, «Håndbok N200 Vegbygging,» 2024. [Internett]. Available: <https://store.vegnorm.vegvesen.no/n200>.
- [8] NVE, «Sikringshåndboka - Regelverk for prosjektering,» 2023. [Internett]. Available: <https://veiledere.nve.no/sikringshandboka/skred-i-bratt-terreng/prosjektering/#pageSection-1>.
- [9] Bane NOR, «Teknisk regelverk,» [Internett]. Available: <https://trv.banenor.no/wiki/Forside>.
- [10] Statens vegvesen, «Erfaringsrapport om oppsett av fanggjerd (51058-SKRED-01),» 2020.
- [11] Statens vegvesen, «Veileder V139 Flom- og sørpeskred,» 2023. [Internett]. Available: <https://store.vegnorm.vegvesen.no/n-v139>.
- [12] EOTA, «Flexible kits for retaining debris flows and shallow landslides/open hill debris flows,» 2016.
- [13] Statens vegvesen, «R761 Prosesskoden Standard beskrivelsestekster for veger, tunneler, bruer og kaier,» 2025.
- [14] Kartverket, «Høydedata,» [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>.
- [15] Statens kartverk, «Norge i Bilder,» [Internett]. Available: <https://norgeibilder.no/>.
- [16] NGU, «Kart på nett,» [Internett]. Available: <https://www.ngu.no/emne/kart-pa-nett>.
- [17] NVE, «NVE Atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>.
- [18] Norges vassdrags- og energidirektoratet, «Skredhendelsesdatabasen (NSDB),» [Internett]. Available: www.skredregistrering.no.
- [19] NIBIO, «Kilden,» [Internett]. Available: <https://kilden.nibio.no/>.
- [20] «InSAR Norway,» [Internett]. Available: <https://insar.ngu.no/>.
- [21] I. Sivertsvoll, Interviewee, *Tilstandskontrollør Bane NOR*. [Intervju]. 28 10 2025.
- [22] A. Viak, «AV-klima,» Asplan Vlak, [Internett]. Available: <https://app-avtools-klima-dev.azurewebsites.net/>. [Funnet 03 10 2025].

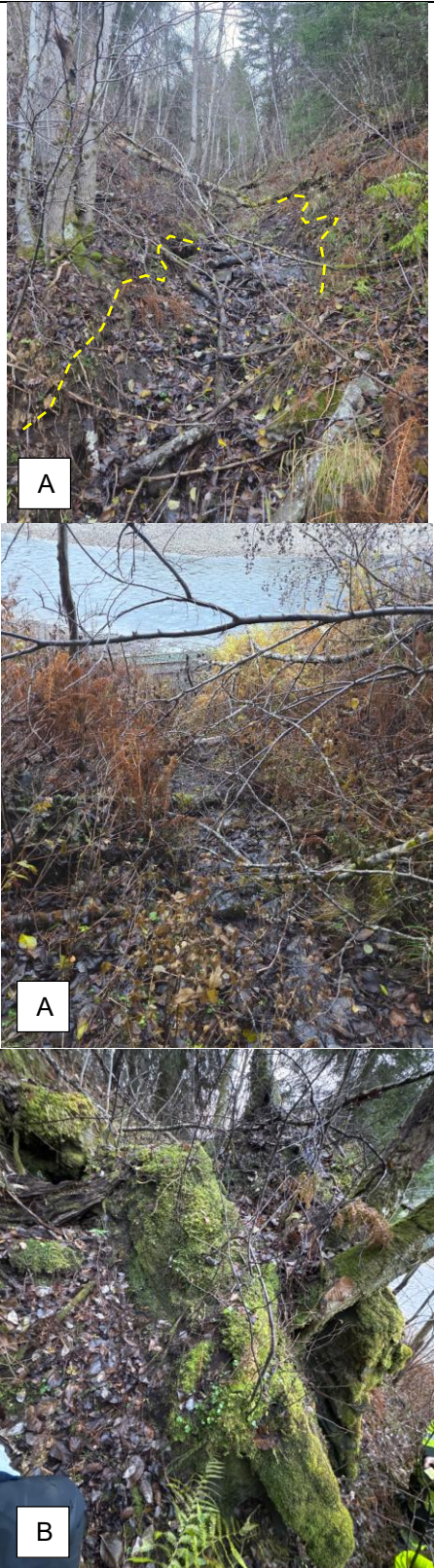
- [23] NVE, «Jordskred og flomskred. Fakta korr. 09.11.2018.,» Norges Vassdrags- og energidirektorat, 2018.
- [24] Statens vegvesen, «Håndbok N200 Vegbygging,» 2024. [Internett]. Available: <https://store.vegnorm.vegvesen.no/n200>.
- [25] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler».
- [26] Geobrudd, «Shallow landslide barriers SL,» [Internett]. Available: <https://www.geobrudd.com/en/Shallow-landslide-barrier-SL-8125,7859.html>.
- [27] Trumer Schutzbauten, «Shallow landslide protection,» [Internett]. Available: <https://trumerschutzbauten.com/products/landslide-barriers/shallow-landslide-barriers/ts-hm-150-zd/>.
- [28] «NS-EN 1997-2:2008: Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering, Del 1: Allmenne regler.».
- [29] Statens vegvesen, «Håndbok V138- Veger og snøskred,» Vegdirektoratet, 2014.
- [30] Statens vegvesen, V139 flomskred og sørpeskred. Revidert 2023, 2014.
- [31] Statens vegvesen, «Veileder V220 Geoteknikk i vegbygging,» 2025.
- [32] Statens vegvesen, «51059-SKRED-01 Erfaringsrapport om oppsett av fanggjerd,» 2020.
- [33] Statens vegvesen, «R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger,» 2025.
- [34] «Verneområder i Norge,» Miljødirektoratet, 2025. [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vernet-natur/norges-verneomrader/>.
- [35] Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE), «Jordskred og Flomskred. Fakta korr. 09.11.2018,» 2018.
- [36] EOTA 2019, «EAD (European Assessment Documents) 340059-00-0106 Falling rock protection kits,» 2019.
- [37] «NS-EN 1997-2:2008 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering, del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver».

Vedlegg 1 – Bildevedlegg

1-1 Observasjoner fra befaring Norconsult

Info. nr.:	Km:	Beskrivelse:	Bilde:
6.1	493.58	Relativt fersk rotvelt (trolig fra stormen Amy (oktober 2025) som har dratt med seg løsmasser. Antydninger til eksponert berg (bergblotning) som antyder tynt løsmassedekke i dette området.	
6.2	493.61	Svake forsenkninger (vist med oransje stiplet linje) og relativt spredt granskog.	
6.3	493.61	Bratt terreng med gran- og løvskog.	

6.4	493.64	Markant forsenkning (vist med oransje stiplet linje), lenger opp bredere og mer U-form og lenger ned smalere og mer V-form. Synlige spor etter rennende vann, men lite på befaringstidspunktet. Lite trær som vokser i bunnen av forsenkningen.	
-----	--------	--	---

6.5	493.64	A) Samme forsenkning som infopunkt 6.4, bare lenger ned. Smal og tydelig V-form, og synlige spor etter rennende vann. En del løsmasser tilgjengelig for massetransport, ved stor vannføring. Relativt bratte sider, med synlige erosjonskanter (vist med gule piler). B) Mosegrodde avlange blokker, volum ca. 0,5-1 m³. Stammer trolig fra steinsprang, evt. fra andre typer skred. Ligger stabilt til.	 A A B
-----	--------	---	--

6.6	493.64	Oppmurt stikkrenne/åpning under jernbanen, med rist ved innløpet (markert med rød stiplet sirkel). Dimensjonen er estimert fra avstand, men trolig maks 0,5 m. Ingen magasin eller grøft på oppsiden av jernbanen, så eventuelle masser i bevegelse vil gå rett ut på jernbanen. Det samme gjelder dersom rista eller åpningen går tett.	
-----	--------	---	---

6.7	493.65	Forsenkning med mosegrodde bergskrenter på siden. Berget er lite oppsprukket, og ingen synlige ustabile objekter. Mye er imidlertid dekket av mose og vegetasjon.	
6.8	463.66	Bred forsenkning med bergskrenter i sidekant. Lite oppsprukket og lite synlige ustabile objekter, med berget er mange steder dekket med mose og vegetasjon.	

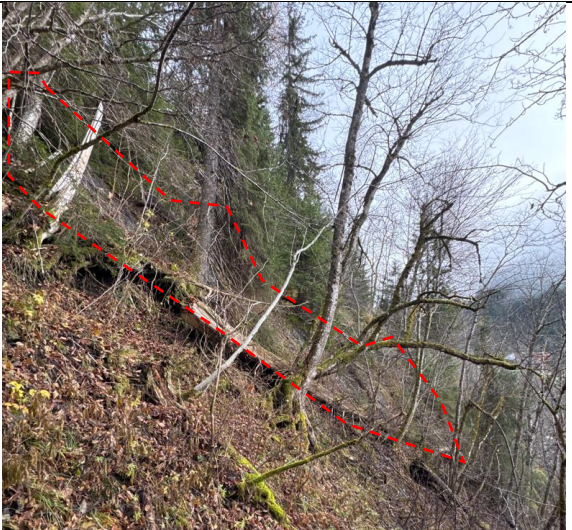
6.9	493.68	Definert rygg, med lite spor etter vann og relativt tørre forhold. Spredt gran- og løvskog.	
6.10	493.68	Relativt fersk rotvelt (trolig fra stormen Amy (oktober 2025) som har dratt med seg løsmasser. Eksponert berg (bergblotning) som antyder tynt løsmassedekke ned på berg i dette området.	

6.11	463.69	Forsenkning, med synlige spor etter rennende vann. På befaringsstidspunktet var det imidlertid lite vann. Noe erosjon langs sidekantene (vist med gule stiplede linjer), og en steinblokk på ca. 0,5 m³ (vist med rød stiplet sirkel).	
------	--------	--	---

6.12	463.7	Forsenkning (vist med oransje stiplet linje). Lite tegn til rennende vann. Noe rotvelt, men generelt åpen skog.	
------	-------	---	---

6.13	463.7	Definert rygg, med lite spor etter rennende vann og relativt tørre forhold. Vokser større trær, både gran- og løvtrær.	
6.14	493.73	Bratt terreng med noe rotvelt,. Stedvis lite skog og lite tegn etter vann.	
6.15	493.77	Bratt terreng, et par mindre blokker avsatt i terrenget (som ikke synes på bildet). Mindre vegetasjon på toppen.	

6.16	493.77	Oppstabling av blokker på inntil 1 m³). Forsenkning med lite tegn til rennende vann. Lav løsnessannsynlighet for steinsprang (< 1/100). Tommestokk på bildet er 1 m.	 
6.17	493.77	Liten grunn utglidning av løsmasser og bergblotning under på en rygg i en konveks terrengformasjon. Dette indikerer et tynt løsmassedekke over berg i området.	
6.18	493.79	Stor potensielt avløst bergblokk på flere titalls m³. Undulerende/bølgete sprekkeplan, med tilsynelatende god friksjon og bergkontakt under. Vurdert svært lav løsnessannsynlighet (<< 1/100).	

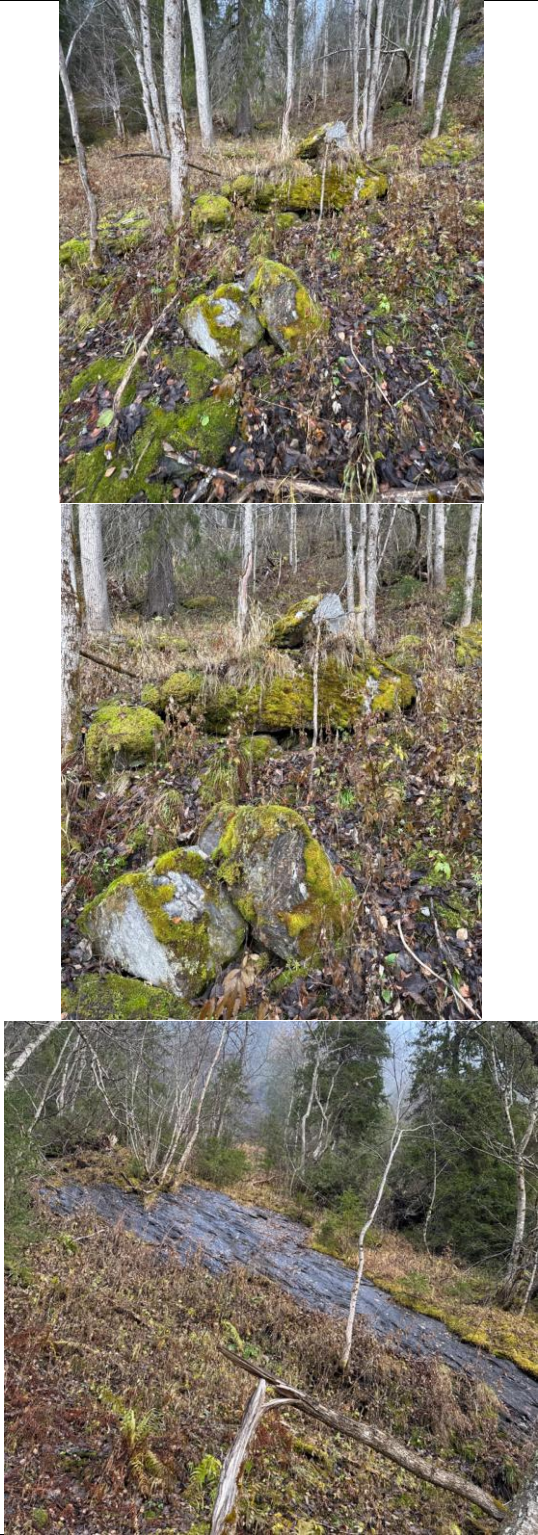
6.19	493.8	Større bergblotning i bratt terreng (vist med rødt stiplet polygon). Berget er lite oppsprukket, og det observeres ingen synlige objekter som er ustabile. Bergblotningen indikerer lav løsmassemekthet i dette området.	
6.20	493.8	A) Åpent og slakere parti hvor skogen er felt, sett mot vest/sørvest. B) Større bergblokk på flere titalls m³ observert litt opp i skogen (vist med rødt stiplet polygon). Vurdert svært lav løsnings sannsynlighet (<< 1/100).	 A  B

6.21	493.84	A) Antatt bergblotning under løsmasser som indikerer lav løsmassemektighet i området (vist med rød pil). B) Bergblokk på ca. 0,3-0,5 m³ som ligger delvis nedgravd i løsmasser, som trolig stammer fra steinsprang. Ligger stabilt til, løsnessannsynlighet for steinsprang < 1/100.	
6.22	493.85	Ryggformasjon med åpen skog, med løvtrær og noen grantrær. Lite tegn til rennende vann på ryggformasjonen, og tørre forhold. To mindre forsenkninger på begge sider av ryggen (vist med oransje stiplede linjer).	

6.23	493.9	Definert forsenkning, med tydelig V-form. Bekkeløp som renner i bunnen, og flere blokker som ligger avsatt nedover bekkeløpet. En større blokk på ca. 10-15 m³, vist med rød stippet sirkel. Løvtrær som vokser forholdsvis tett nedover forsenkningen. Tegn til erosjon/utglidninger i sidekantene (vist med gule stiplede linjer).	
------	-------	--	---

6.24	493.88	Relativt bred/åpen forsenkning (oransje stiplet linje), med åpen blandingsskog. Større bergblotning i sidekant (markert med rødt stiplet polygon), som indikerer relativt tynt løsmassedekke i området.	
------	--------	--	---

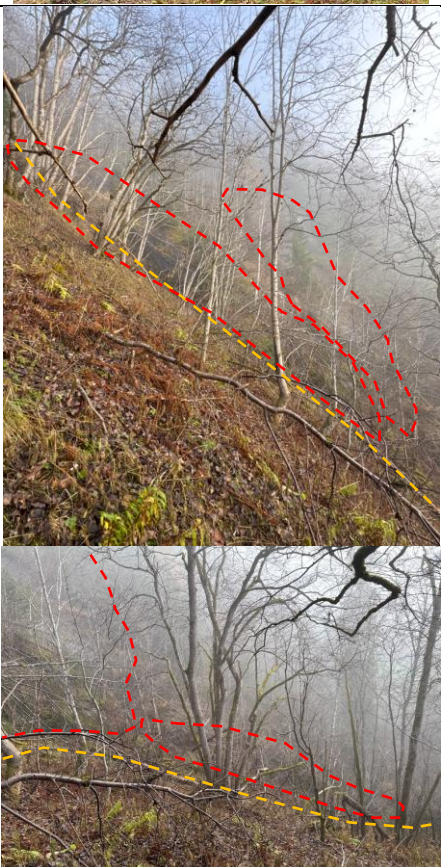
6.25	493.88	Samme forsenkning (oransje stiplet linje) som infopunkt 6.24, bare lenger opp. Bergblotning i sidekant (rødt stiplet polygon) indikerer tynt løsmassedekke. Det samme gjør antydninger til bergblotning (vist med rød pil) i bunnen av forsenkning.	
6.26	493.88	Samme forsenkning som infopunkt 6.24 og 6.25, bare lenger opp. Flere blotninger i sidekant av forsenkning indikerer tynt løsmassedekke. Flere partier med mindre blokker (inntil 0,5 m³, alle ligger relativt stabilt til (lav løsnings sannsynlighet for steinsprang, < 1/100).	

			
--	--	--	---

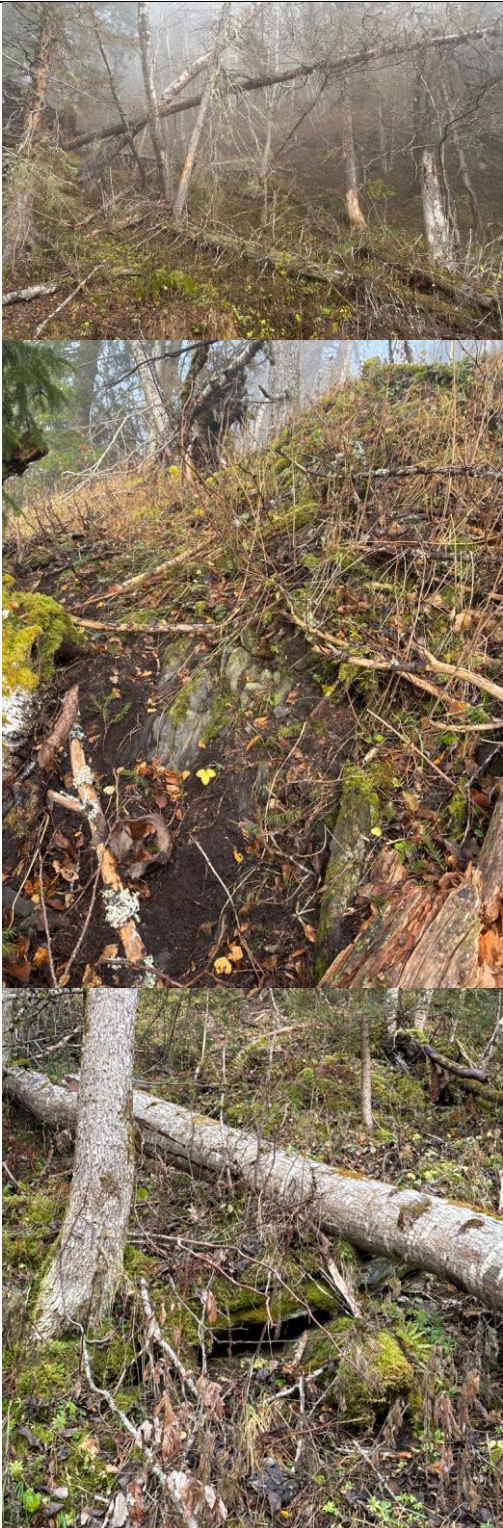
6.27	493.89	A) Blokk på ca. 0,5 m³ av antatt nyere alder, som trolig stammer fra steinsprang. Avlang og kantete blokkform. Ligger stabilt til, lav løsnings sannsynlighet for steinsprang (< 1/100). B) Tydelig men relativt bred forsenkning. Stedvis noe ansamling av mindre blokker. Lite trær i selve forsenkning, men blandingsskog på sidekantene.	 A  B  B
------	--------	--	--

6.28	493.88	Definert og dyp forsenking (med tydelig V-form) med bekkeløp i bunnen og bratte sidekanter med bergskrenter. Det er avsatt en del blokker av ulik størrelse i bekkeløpet, og stedvis renner bekkeløpet på bart berg. Relativt stor vannføring. Lite synlige objekter som er ustabile i bergskrentene, men mye berg er skjult bak mose og vegetasjon. Mange bergblotninger og bekkeløp som renner på berg indikerer stedvis relativt tynt løsmassedekke.	
------	--------	--	---

6.29	493.9	Forsenkning (vist med oransje stiplet linje) med flere bergblotninger på sidekantene (rødt stiplet polygon), som indikerer et relativt tynt løsmassedecke.	 The image block contains three photographs of a forested hillside. The top photo shows a wide view of the slope with a dashed orange line following a depression and a red dashed polygon outlining a rocky area. The middle photo is a closer view of the same area, showing the texture of the ground and the trees. The bottom photo is a close-up of the rocky outcrop, showing moss and small plants growing on it.
------	-------	---	---

6.30	493.9	To bekkeløp som samles (vist med blå stiplede linjer), i bratt og V-formet terreng med mye bergblotninger i området. Bekkeløpet renner stort sett på berget under, som indikerer et stedvis tynt løsmassedekke i området. Flere spor etter erosjon/utrasning langs de bratte sidekantene (vist med gule stiplede linjer).	
6.31	493.88	Forsenkninger i bratt terreng (vist med oransje stiplet linje), med bergblotninger (vist med røde stiplede polygon) som indikerer relativt tynt løsmassedekke i området. Mye løvskog i området.	

6.32	493.88	Bratt terreng med bergblotninger og forsenkninger (vist med oransje stiplet linje). Ingen synlige objekter som er ustabile, og lav løsnesannsynlighet for steinsprang ($< 1/100$).	
------	--------	---	---

6.33	493.89	Forsenkning med flere avsatte blokker, vurdert lav løsnessannsynlighet for steinsprang ($< 1/100$). Flere bergblotninger indikerer lav løsmassemektighet.	 The image block contains three photographs stacked vertically. The top photo shows a forested slope with several fallen trees and a misty background. The middle photo is a close-up of a steep, rocky slope covered in moss and fallen branches. The bottom photo shows a large, fallen tree trunk lying horizontally across the forest floor, with moss and other vegetation visible around it.
------	--------	--	--

			
--	--	--	---

6.34	493.9	Markant overgang mellom bratt og slakere terreng. Mulig en gammel skredkant (markert med gult stiplet linje), men denne er lite definert og vanskelig å vurdere i felt. Overgangen er tydeligere i skyggerelieff.	
------	-------	---	---

6.35	493.92	Bekkeløp i overgangen mellom flatt terreng og dalside. Potensiale for noe vannopphopning ved store nedbørsmengder.	
------	--------	--	---

6.36	494.0	Flere avløste blokker som ligger nært jernbanen med volum på flere m³, som trolig stammer fra steinsprang. Blokkene ligger stabilt til, med løsnestannsynlighet for steinsprang < 1/100. Tommestokk på bildet er 1 m.	
------	-------	---	---

			
--	--	--	---

6.37	494.0	Flere avløste blokker som ligger nært jernbanen med volum inntil ca. 1 m³, som trolig stammer fra steinsprang. Blokkene ligger stabilt til, med løsnestannsynlighet for steinsprang < 1/100.	 The image block contains three photographs stacked vertically. The top photo shows a large, moss-covered rock block on a forest floor with fallen leaves. The middle photo shows another large, moss-covered rock block, similar in size and shape to the first. The bottom photo shows a third large, moss-covered rock block, also in a forest setting. All three blocks appear to be remnants of a rockfall or landslide.
------	-------	---	---

			
			
6.38	494.05	Liten forsenkning, med åpen løvskog. Lite spor etter rennende vann.	

6.39	494.1	Flere mindre og større avløste blokker som ligger i terrenget, de største ca. 4-5 m³ som trolig stammer fra steinsprang. Blokkene ligger stabilt til, med løsnestannsynlighet for steinsprang < 1/100.	
------	-------	---	---

6.40	494.1	Relativt bratt område over jernbanen fritt for skog. Mulig stikkrenne/åpning som går under jernbanen, men vanskelig å se (markert med rød stiplet sirkel). På nedsiden av jernbanen kan det se ut som det ligger noen steiner foran åpningen. Dimensjonen til den potensielle stikkrennen/åpningen er ikke mulig å estimere, men er antatt relativt lav. Det er ikke noe tydelig bekkeløp over dette, men det er spor etter vann i grøften (erosjon).	
------	-------	--	---

6.41	494.18	Stort og åpent landbruksareal uten skog på toppen av dalsiden, med grøfter/forsenkninger med rennende vann (vist med blå stiplede linjer). Område som kan gi potensiale for vannopphopning over et større område. Ligger noen rester fra gamle dreneringsrør.	
------	--------	--	---

			
--	--	--	---

6.42	494.2	Søppelfylling i overgangen mellom flatt landbruksterreng og bratt dalside. Stedvis mye søppel. Noe grøfter og noe potensiale for opphopning av vann over et større område.	
------	-------	---	---

					
--	--	--	--	---	--

			
--	--	--	---

6.43	494.2	Samme søppelfylling som infopunkt 6.42, bare lenger ned. Tydelig forsenkning med lite bekkeløp i bunnen (markert med blå stiplet linje).	 The image block contains four photographs stacked vertically. The top photo shows a close-up of a forest floor covered in brown leaves and various pieces of trash, including a white box. The second and third photos show a wider view of a forest floor with a blue dashed line drawn across it, indicating a sinkhole or depression. The bottom photo shows a similar view with a blue dashed line and a fallen tree trunk in the foreground.
------	-------	---	--

6.44	494.18	Overgang mellom flatere og brattere terreng, i dette område noe mer gradvis og jevn overgang. Blandingsskog, med gran- og løvskog.	
6.45	494.2	Rotvelt som har synliggjort bergblotning under (vist med rød pil), som indikerer et tynt løsmassedekke.	

6.46	494.2	Tydelig forsenkning med V-form, i relativt bratt terreng. Bekkeløp som renner i bunnen (vist med blå stiplet linje), og noen blokker som er avsatt nedover. Relativt god vannføring i bekken.	
------	-------	--	---

6.47	494.19	Rotvelt som har synliggjort bergblotning under (vist med rødt stiplet polygon), og som indikerer et tynt løsmassedecke i området.	
6.48	494.19	Liten blokk på ca. 0,2 m³ som er avsatt i terrenget. Ligger stabilt, lav sannsynlighet for remobilisering (< 1/100).	
6.49	494.18	Område med mye rotvelt, Relativt store gran- og løvtrær i området med gode rotsystemer.	

6.50	494.2	Bratt forsenkning med tydelig V-form, bratte sidekanter og bekkeløp i bunn (vist med blå stiplet linje). Avsatt ansamlinger med steinblokker (stort sett under 0,5 m³) flere steder, og enkelte steder renner bekkeløpet på berget under. Blokker er trolig fra steinsprang som har blitt kanalisert inn i forsenkning eller massetransport langs bekkeløpet. En del større grantrær og mindre løvtrær.	
------	-------	---	---

6.51	494.19	Mindre definert forsenkning med mindre løvskog og innslag av større grantrær. Lite spor etter vann.	
6.52	494.18	Bergblotninger i sidekant av forsenkning (vist med rødt stiplet polygon), som indikerer stedvis tynt løsmassedekke.	

6.53	494.19	Lite definert forsenkning, og lite spor etter rennende vann.	
6.54	494.18	Bergblotning som indikerer stedvis tynt løsmassedekke i området.	
6.55	494.2	Steinblokk på ca. 5 m ³ (vist med rødt stiplet polygon) som trolig stammer fra steinsprang, som ligger i forsenkning og ved bekkeløpet (vist med blå stiplet linje). Trolig av eldre alder, og ligger stabilt (< 1/100).	

6.56	494.19	A) Forsenkning (vist med oransje stiplet linje). B) Bergblotning (vist med rød pil), som indikerer et tynt løsmassedekke.	
------	--------	---	---

6.57	494.18	Bergblotning som indikerer et tynt løsmassedekke. Noe ansamling av blokker av mindre volum (vist med rød stiptet sirkel).	
6.58	494.19	Forsenkning som gradvis flater ut ned mot jernbanen (vist med oransje stiptet linje). Lite spor etter rennende vann.	

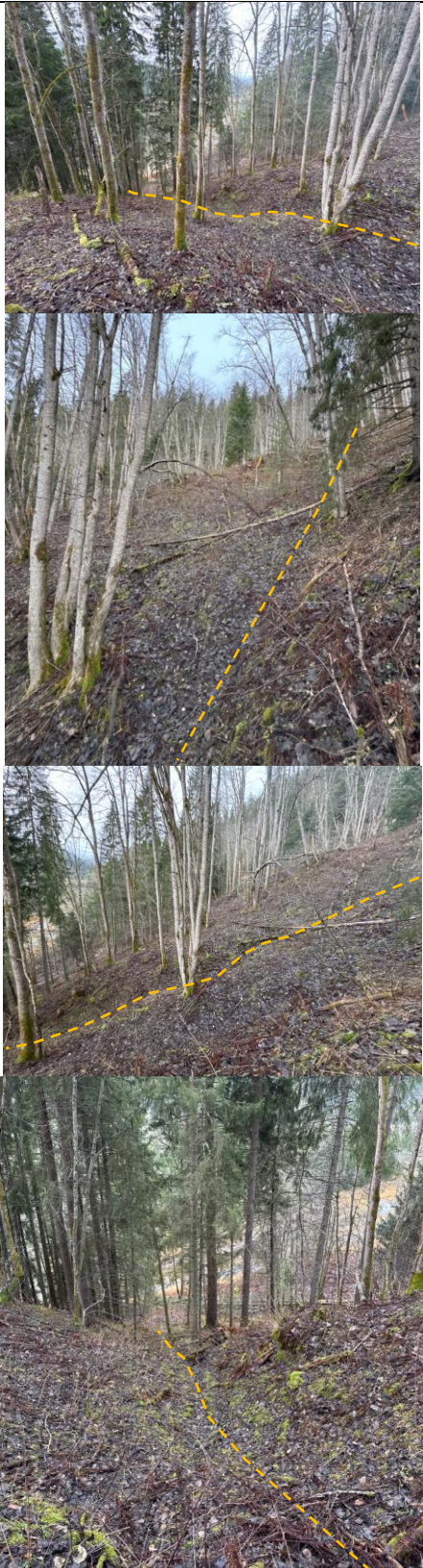
6.59	494.2	Bekkeløp som renner ned definert forsenkning. Renner stedvis på berget under, særlig hvor det er noe brattere. Forholdsvis bredt bekkeløp, og tåler derfor trolig en del vann. Bekkeløpet renner litt i terrasser med brattere partier med mer rennende vann avløst av flate partier med mer opphopning av vann. Noe erosjon/utrasing langs sidekantene (vist med gule stiplede linjer).	
------	-------	---	---

6.60	494.1	Steinblokk på ca. 3-5 m ³ , som ligger stabilt til (< 1/100).	
6.61	494.1	Steinblokk med volum på 5-10 m ³ , som delvis er tildekket av mose og vegetasjon. Noe oppsprukket berg, og tre på toppen. Blokken er avlang og har god fot/stabilitet i front. Lav løsnessannsynlighet for steinsprang (< 1/100).	

			
--	--	--	---

6.62	494.12	Område hvor det er avsatt en del steinblokker med ulik størrelse som trolig stammer fra steinsprang, med volum inntil 1-1,5 m³ men mange av de en del mindre. Blokkene er dekt med mose og vegetasjon, og ingen er av antatt nyere alder. Avsatt relativt spredt, og ingen uravsetning.	
------	--------	---	---

			
--	--	--	---

6.63	494.15	Definert forsenkning (vist med oransje stiplet linje) med litt mer åpen skog, stort sett løvskog med noe innslag av grantrær. Ingen bergblotninger i dette område, derfor usikker løsmassetykkelse. Overgang mellom relativt bratt og flatere terreng ned mot jernbanen.	
------	--------	---	---

6.64	494.16	A) Rygg med granskog med relativt tørt terreng og lite vann. B) To forsenkninger som går sammen i én (vist med oransje stiplet linje) med noe spor etter litt rennende vann (vist med røde piler), men ikke mye.	
------	--------	--	---

6.65	494.2	Definert forsenkning med bekkeløp i bunnen (vist med blå stiplet linje), og noe ansamling av steinblokker på inntil 1 m ³ (vist med rød stiplet sirkel).	
6.66	494.2	Samme forsenkning som infopunkt 6.65, bare lenger ned. Dypere og mer V-form enn lenger opp, og rennende bekkeløp i bunn (vist med blå stiplet linje). Noe ansamlinger av steinblokker i bunnen. En del løvskog i selve løpet, og mer granskog på sidene.	  

6.67	493.85	Avlang og kantete steinblokk som trolig stammer fra steinsprang på ca. 0,3-0,4 m³. Ligger inntil flere løvtrær. Stammer trolig fra steinsprang av nyere dato, usikker alder.	
6.68	493.87	Parti med overgang fra relativt bratt til gradvis flatere terreng ned mot jernbanen, som utgjør ei tydelig vifteform fra tidligere jord- og flomskred og massetransport. En del løvskog, med noe innslag av grantrær. En større og avlang steinblokk på ca. 5-10 m³, som ligger stabilt. Ligger også avsatt blokker med mindre volum oppover i terrenget.	

			
--	--	--	---

6.69	493.88	Bekkeløp med en del blokker som renner ned definert forsenkning med bratte sidekanter og V-form. Bekkeløp hvor det kan bli ganske høy vannføring, men som også tåler en del vann før det kommer på avveie. En del bjørkeskog langs bekkeløpet. Steinblokk som er avsatt på siden av bekkeløpet, med volum på ca. 0,5 m³ (vist med rød stiptet sirkel).	
------	--------	--	---

6.70	493.88	Stor blokk/bergskrent med volum på flere 100-talls m³. En del oppsprekking i berget, og undulerende/bølgende sprekkeplan under. Spor etter relativt ferske nedfall over og på siden (vist med rød stiplet sirkel), og blokker under med kort utløpslengde (vist med rød pil) pga. flatt terreng under. Blokken/bergskrenten vurderes som relativt stabil, med svært lav sannsynlighet for utløsning (<< 1/100). Også lite sannsynlig med steinsprang av mindre volum som kan nå jernbanen.	
------	--------	--	---

			
--	--	--	---

6.71	493.87	To stikkrenner/kulverter som går under jernbanen (vist med røde piler), med antatt dimensjon på ca. 1 m hver (estimert fra avstand). Definert forsenkning ned mot stikkrennene/kulvertene med bekkeløp med rennende vann.	
------	--------	--	---

6.72	493.9	Avlange blokker i terrenget, som ligger delvis ned i løsmassene. Den største er ca. 2-3 m ³ , de andre mindre. Ligger stabilt i terrenget.	
------	-------	---	---

6.73	494.2	Bekkeløpet i overgang mellom bratt til slakere terreng, hvor det er ei definert vifte som stammer fra tidligere jord- og flomskred og massetransport. Avsatt noen blokker med ulik størrelse i løpet. Bratte sidekanter med potensiale for noe medrivning.	
6.74	494.2	Stikkrenne/kulvert under jernbanen (vist med rød pil), med antatt dimensjon på ca. 1 m (estimert fra avstand). Definert forsenkning ned mot stikkrenne/kulvert hvor vannet renner.	

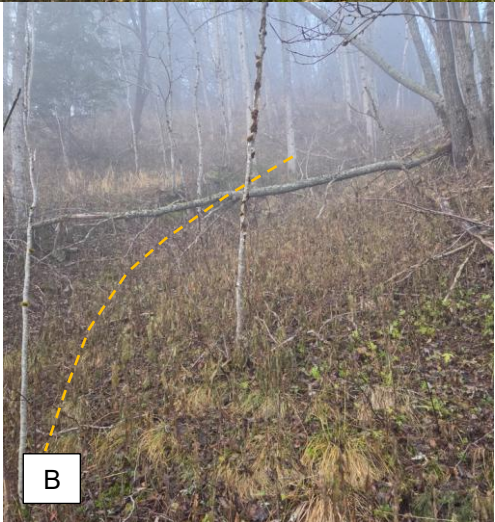
			
6.75	494.23	Forsenkning (vist med oransje stiplet linje).	

			
6.76	494.23	Samme forsenkning som infopunkt 6.75, bare lenger opp. En del velte trær. Lite spor etter rennende vann.	 

6.77	494.23	Samme forsenkning som infopunkt 6.75 og 6.76, bare lenger opp (vist med oransje stiplede linjer). Noe spor etter rennende vann, men ikke mye. Lenger opp flere forsenkninger med definert ryggformasjon mellom.	
------	--------	--	---

			
6.78	494.23	Samme forsenkning som infopunkt 6.75, 6.76 og 6.77, bare lenger opp (vist med oransje stiplede linjer).	

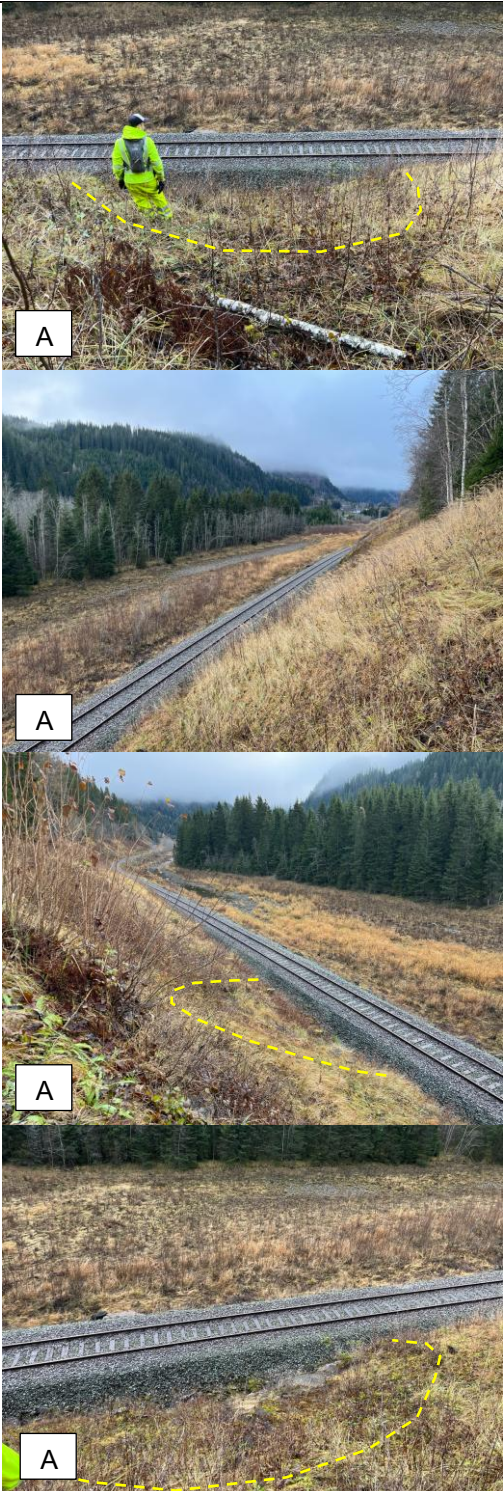
6.79	494.23	Samme forsenkning som infopunkt 6.75, 6.76, 6.77 og 6.78, bare lenger opp (vist med oransje stiplede linjer). Gradvis brattere terreng i lenger opp.	
------	--------	--	---

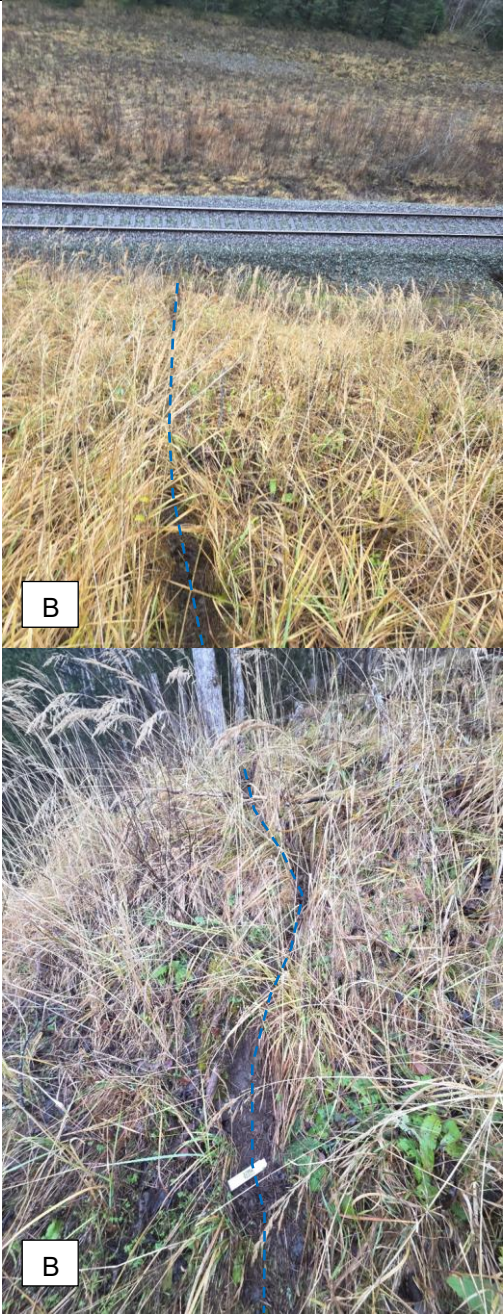
6.80	494.23	Helt i toppen og inngangen av samme forsenkning som infopunkt 6.75, 6.76, 6.77, 6.78 og 6.79 (vist med oransje stiplede linjer), sett nedover.	
6.81	494.25	A) Bergblotning (vist med rød stiplet polygon), som indikerer tynt løsmassedekke. B) Noe mindre definerte forsenkninger som går nedover langs fallretningen til dalsiden i toppen.	 A  B  B

			 B
6.82	494.28	Bergskrent med synlige spor etter relativt fersk nedfall (vist med rød stiplet sirkel). Utfallsblokkene (vist med røde piler) har stoppet like nedenfor, og hatt korte utløp. Ikke observert synlige ustabile blokker ellers. Vurdert løsneseansynlighet for steinsprang < 1/100. Tommestokk på bildet er 1 m.	

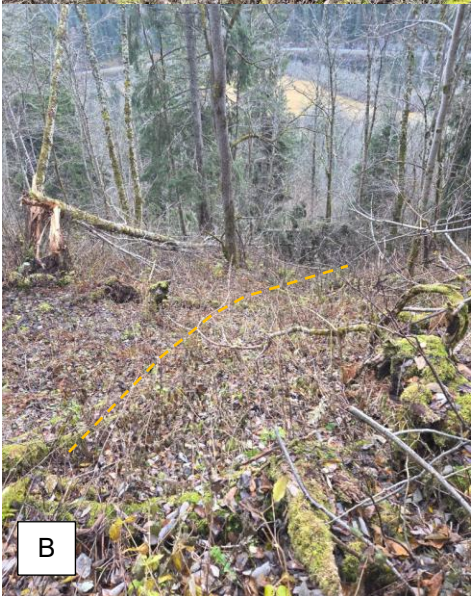
6.83	494.3	Steinblokker som trolig kommer fra relativt fersk rotvelt (trolig fra Amy i oktober 2025). Flere ferske spor på trær og i terrenget (vist med røde piler). God avstand ned til jernbane.	 The top photograph shows a forest floor with several large, light-colored rocks. Red arrows point to fresh signs of a landslide on the ground and tree trunks. The bottom photograph shows a forest floor with a large rock and a tree trunk. A red arrow points to a fresh sign of a landslide on the ground.
------	-------	---	---

6.84	494.3	Bratt terreng (over 30 grader) og helt fritt for skog, rett ned på jernbanen. Ingen bergblotninger, usikker løsmassetykkelse. Lav ruhet i terrenget.	
------	-------	--	---

6.85	494.4	A) Spor etter utglidninger av løsmasser på glatt berg under (vist med gule stiplede linjer). Indikerer tynt løsmassedekke over berg. B) Synlige spor etter rennende vann (vist med blå stiplet linje).	 A A A A
------	-------	--	---

			
--	--	--	---

6.86	494.37	Rotvelt som har synliggjort bergblotning under, og som indikerer tynt løsmassedekke i området. Innslag av finstoffholdige masser og småstein.	
6.87	494.43	A) Rotvelt som har synliggjort bergblotning under, og som indikerer tynt løsmassedekke i området. Innslag av finstoffholdige masser. B) Forsenkninger.	

			  
6.88	494.46	Ryggformasjon med forsenkninger på begge sider.	

6.89	494.44	Sporadisk vannvei (vist med blå stiplet linje) som går ned mot stikkrenne/åpning under jernbanen (vist med rød pil). Dimensjon på stikkrenne/åpning er vanskelig å estimere pga. avstand, men antas å være ca. 0,5 m (estimert fra avstand). Bergblotninger i terrenget like over jernbanen indikerer tynt løsmassedekke over berg.	
------	--------	--	---

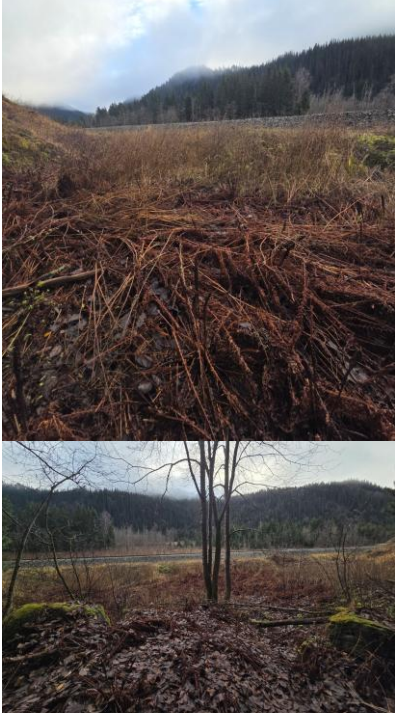
			
6.90	494.47	Utglijning av løsmasser over berget under (vist i gul stiplet linje). Bratt terreng (over 30 grader) like over jernbanen som er skogfritt. Stikkrenne/åpning omtalt i infopunkt 6.89 vises med rød pil.	

6.91	494.5	Bratt terreng (over 30 grader) like over jernbanen som er skogfritt. Utglidning av løsmasser over berget under (vist i gul stiplet linje).	
6.92	494.54	Sporadisk vannvei (vist med blå stiplet linje) som går ned mot stikkrenne/åpning under jernbanen (vist med rød pil). Dimensjon på stikkrenne/åpning er vanskelig å estimere pga. avstand, men antas å være ca. 0,5 m.	

			
6.93	494.57	Sporadisk vannvei (vist med blå stiplet linje) som går ned mot jernbanen (vist med rød pil). Utglidning av løsmasser over berget (vist med gul stiplet linje). Ingen stikkrenne/åpning i dette området.	 

			
--	--	--	---

6.94	494.66	Et flatere område med antatt noe tykkere løsmasser. Noe tegn til rennende vann langs forsenkning (vist med blå stiplet linje), men ingen stikkrenne/åpning under jernbanen ved dette punktet.	
------	--------	--	---

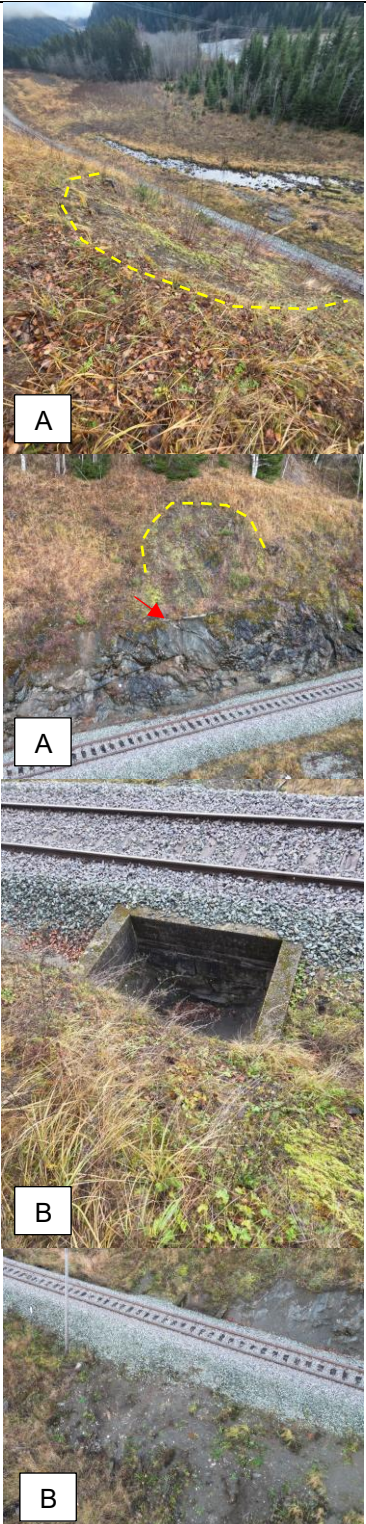
			
6.95	494.72	En større vifte som stammer fra tidligere jord- og flomskred og massetransport (vist med brunt stiplet polygon) langs bekkeløpet (vist med blått stiplet polygon). Bekkeløpet renner ned til ei stikkrenne, omtalt i infopunkt 6.96 (vist med rød pil). Forholdsvis stort avlagringsbasseng for eventuelle skred langs forsenkningen/bekkeløpet og med utløp ned hit.	

			
--	--	--	---

			
--	--	--	---

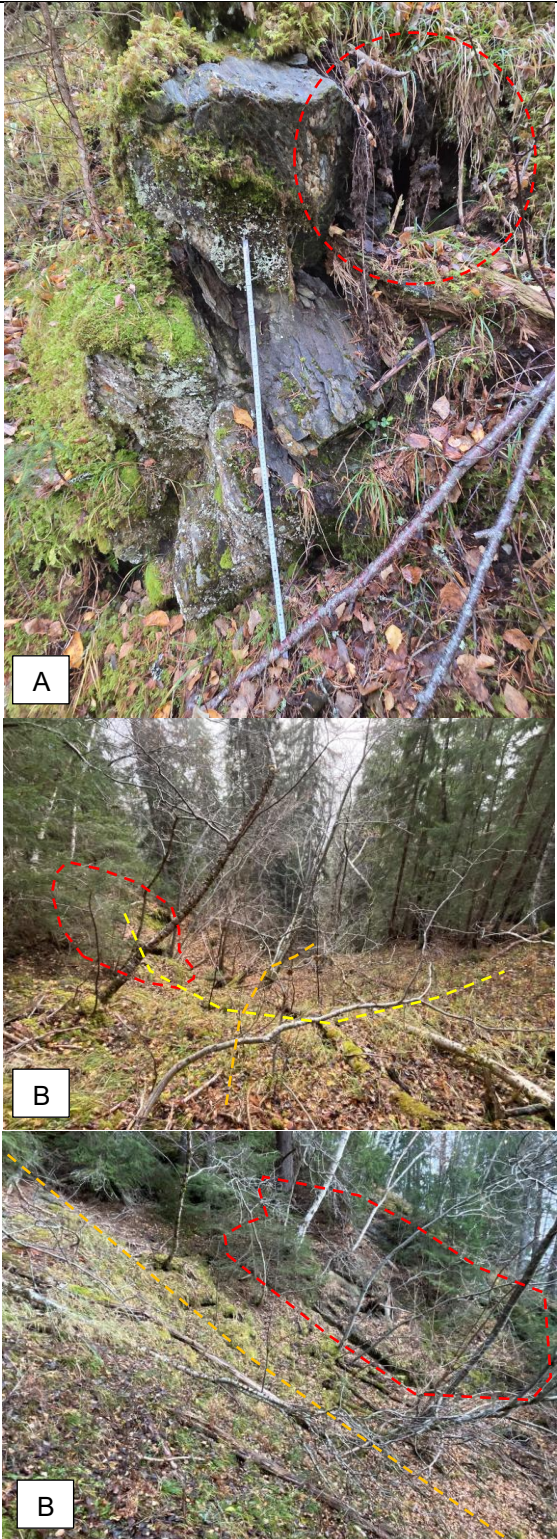
			
--	--	--	---

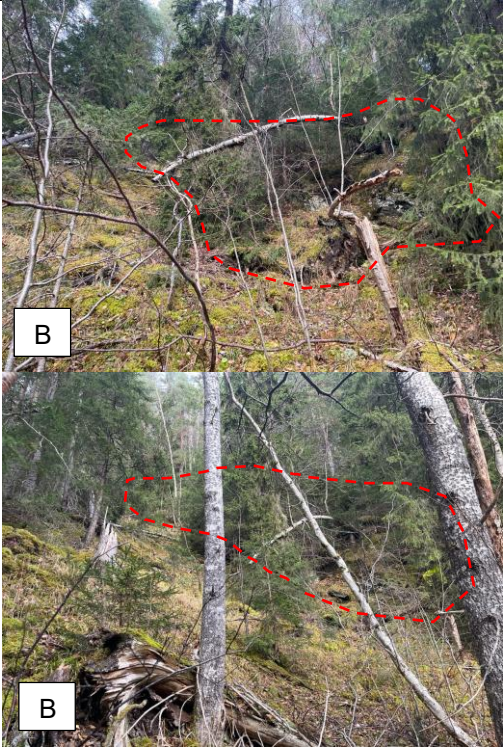
			
6.96	494.75	Stikkrenne/åpning som går under jernbanen, som bekkeløpet omtalt i infopunkt 6.95 går ned til. Dimensjonen på stikkrennen/åpningen er ca. 0,7-0,8 m. Tommestokk på bildet er 1 m.	

6.97	494.8	A) Utglidning av løsmasser over glatt berg under (vist med gul stiplet linje). Det er satt opp en sognemur på nedsiden for å stabilisere løsmasselaget (vist med rød pil), antatt eldre dato. B) Oppmuring ved jernbanen som har ukjent funksjon. Det observeres ingen åpning på nedsiden av jernbanen, så det ser ikke ut til å være stikkrenne/åpning under for vann.	 The image block contains four photographs labeled A and B. The top photo (A) shows a slope with a yellow dashed line indicating a landslide area. The second photo (A) shows a slope with a red arrow pointing to a wall. The third photo (B) shows a concrete structure next to a railway track. The bottom photo (B) shows a concrete structure next to a railway track.
------	-------	---	---

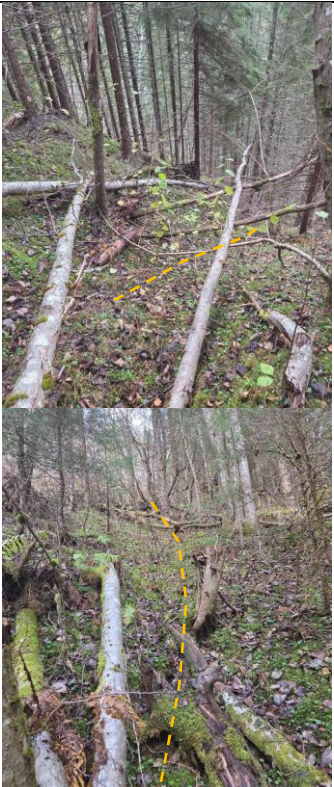
6.98	494.52	Bergblotning som indikerer tynt løsmassedekke over berg (vist med rød pil). Definert ryggformasjon med forsenkninger på begge sider.	
6.99	494.55	Øvre deler av definert forsenkning (vist i oransje stiplet linje). Lite spor etter rennende vann.	

6.100	494.58	Definert rygg med forsenkninger på begge sider (vist med oransje stiplet linje). Flere steder med bergblotninger i sidekanter av forsenkninger (vist med rødt stiplet polygon), som indikerer stedvis tynt løsmassedekke.	
-------	--------	--	---

6.101	494.65	A) Avløste steinblokker med volum inntil ca. 0,3-0,4 m³. Vil trolig ikke nå jernbane da terrenget under er flatt. Synlig spor etter ferskt utfall (vist med rødt stiplet sirkel). Tommestokk på bildet er 1 m. B) Definerte forsenkninger (vist med oransje stiplede linjer) i dette området med mye eksponert berg i toppen og i sidekanter (vist med røde stiplede polygoner), som indikerer stedvis tynt løsmassedekke. Lite spor etter rennende vann i forsenkningene. Stedvis er det avsatt steinblokker som trolig stammer fra steinsprang, mange med relativt korte utløp. Mulig raskant i toppen av forsenkning, hvor tynt løsmassedekke har glidd ut på berg (vist med gul stiplet linje). Ses bedre i felt enn i skyggerelieff.	
-------	--------	---	---

			
6.102	494.6	Forsenkning, øvre deler. Ingen synlige spor etter rennende vann.	

6.103	494.57	Bergblotning som indikerer tynt løsmassedekke over berg (vist med rødt stiplet polygon). Mulig raskant videre bortover, som ikke vises på bildet men ses tydeligere på skyggerelieff.	
6.104	494.7	Bekkeløp (Slettåsbekken) i overgang mellom større og helt flatt jordbruksareal til brattere terreng med tydelig forsenkning (vist med blå stiplet linje). Bekkeløpet meandrer noe, og går under en traktorveg i en stikkrenne/åpning/bro (vist med rød pil). Det er vanskelig å estimere dimensjonen, men antas å være ca. 0,5-1 m, og dermed forholdsvis begrenset for større vannmengder. Elveløpet kan få tidvis ganske stor vannføring. Potensiale for opphopning av vann over et større område for eksempel ved at stikkrennen/åpningen/broen tetter seg, erosjon i siden og blokkering av bekkeløpet eller isdannelse.	

6.105	494.73	Bratt terreng i tett granskog, hvor det er noe svake forsenkninger som går parallelt med fallretningen til fjellsiden. Skogen er forholdsvis ung, da det i dette området var fritt for skog på 50- og 60-tallet.	
6.106	494.7	Bekkeløp (Slettåsbekken) i dyp forsenkning, som renner stort sett på bart berg. Det er avsatt noen steinblokker av ulik størrelse i bekkeløpet, og det er høye og bratte sidekanter til forsenkningen som består av mange bergskrenter. Dette indikerer forholdsvis tynt løsmassedekke i området. Bekkeløpet er stort sett rensket for finere masser, og består stort sett av bart berg eller blokker. Bekkeløpet renner terrassert nedover, med bratte partier avløst av nær flate partier. I de flate partiene er det potensiale for opphopning av vann over mindre områder. Det er bratte sidekanter til bekkeløpet, med noe tilgjengelige løsmasser for massetransport. Det er forholdsvis ung skog i området, da dette området var fri for skog på 50- og 60-tallet. Bekkeløpet har trolig ganske høy vannføring når det har vært mye nedbør og/eller snøsmelting, men tåler også trolig dette.	

6.107	494.7	Samme bekkeløp (Slettåsbekken) som infopunkt 6.106, bare lenger opp (vist med blå stiplet linje). I dette området møter et mindre bekkeløp som kommer fra lenger vest, og går inn i hovedbekkeløpet. Bekkeløpet er noe bredere enn lenger ned. Ellers mye av de samme observasjonene som 6.106.	
-------	-------	--	---

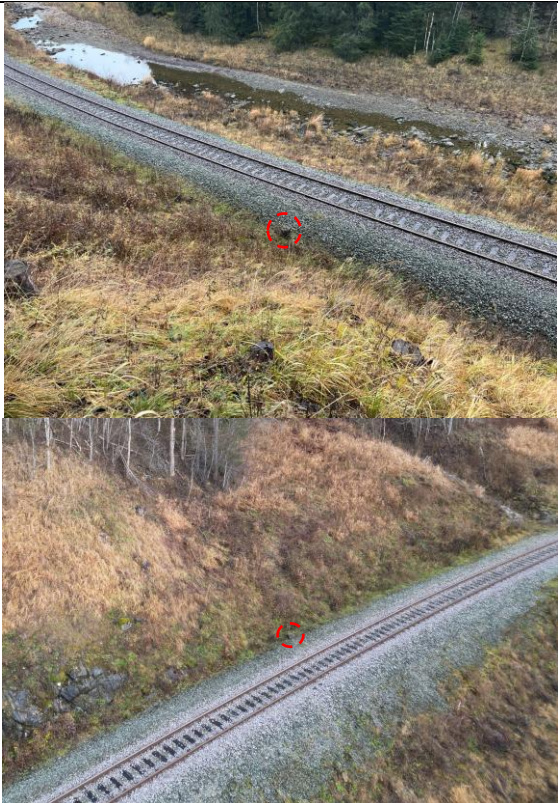
			
--	--	--	---

6.108	494.75	Lite bekkeløp (vist med blå stiptet linje) som stedvis renner på bart berg, som indikerer stedvis et tynt løsmassedekke. Det var lite rennende vann på befaringstidspunktet, kun noe sildring enkelte steder.	
-------	--------	--	---

6.109	494.7	Brå overgang fra nesten flatt og åpent terreng til bratt og kanalisert terreng hvor bekkeløpet (knekkpunkt). Før dette punktet meandrer bekkeløpet, mens etter dette punktet stuper det nedover. Dette punktet har potensiale for opphopning av vann over et større område, og kan utgjøre et potensielt løsneområde for sørpeskred eller flomskred under svært ugunstige forhold. Området ser også ut til å ha et tykkere løsmassedekke enn lenger ned, da det observeres lite bergblotninger i området og i bekkeløpet. Det er bratte sidekanter med noe tilgjengelige løsmasser for massetransport.	
-------	-------	---	---

6.110	493.88	Relativt bratt forsenkning med V-form, med et bekkeløp med noe rennende vann på befaringstidspunktet. Det er avsatt en del blokker av ulik størrelse nedover, de største ca. 1-1,5 m³, men mange av de en del mindre. En del løvskog i området, med noe innslag av grantrær. Stedvis renner bekken på bart berg, som indikerer et tynt løsmassedekke.	
-------	--------	---	---

			 
6.111	494.23	Område med relativt åpen skog, og mulig raskant fra tidligere skred/utglidninger (vist med gul stiplet linje). Synes bedre i skyggerelieff enn i felt, ganske udefinert i felt og derfor en usikker observasjon.	

6.112	494.24	Steinblokk som trolig stammer fra steinsprang som ligger i grøften til jernbanen. Det er vanskelig å estimere volumet pga. avstand, men det antas et volum inntil 0,2-0,3 m ³ .	
-------	--------	--	---

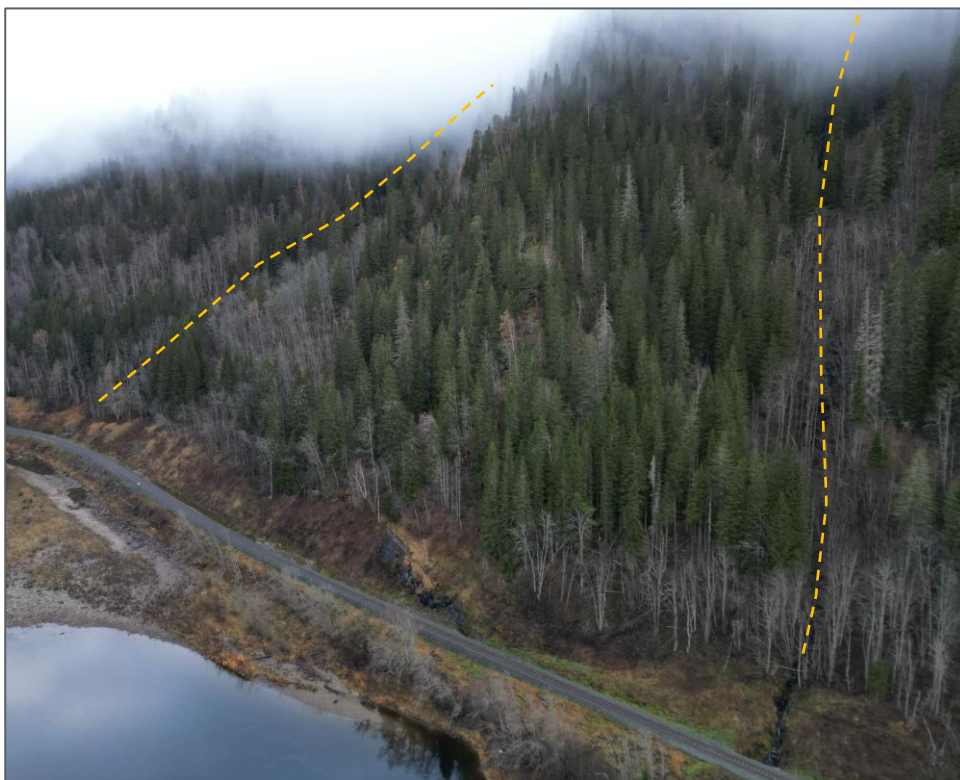
1-2 Observasjoner fra befaring Sweco (2013)

Info. nr.:	Km:	Beskrivelse:	Bilde:
7.1	493.8	Bekkedal med svaberg, 50 grader ned mot sporet. Massivt, lite oppsprukket berg. Ingen anbefalte tiltak.	 7.1.2 Redsbjerga.

1-3 Dronebilder fra befarings



Dronebilde 1: Oversiktsbilde av hele tiltaksområdet, sett mot nordvest.



Dronebilde 2: Østlig del av tiltaksområdet, sett mot nordvest. Oransje stiplede linjer viser definerte forsengkninger.



Dronebilde 3: Midtre del av tiltaksområdet, sett mot nordøst. Oransje stiptet linje viser definert forsenkning.



Dronebilde 4: Midtre del av tiltaksområdet, sett mot nordøst. Oransje stiptet linje viser definert forsenkning.



Dronebilde 4: Vestlig del av tiltaksområdet, sett mot nordøst. Oransje stiplet linje viser definert forsenkning.



Dronebilde 5: Midtre og vestlig del av tiltaksområdet, sett mot nordvest.



Dronebilde 6: Midtre og østlig del av tiltaksområdet, sett mot nordøst. Oransje stiplet linje viser definert forsenkning.



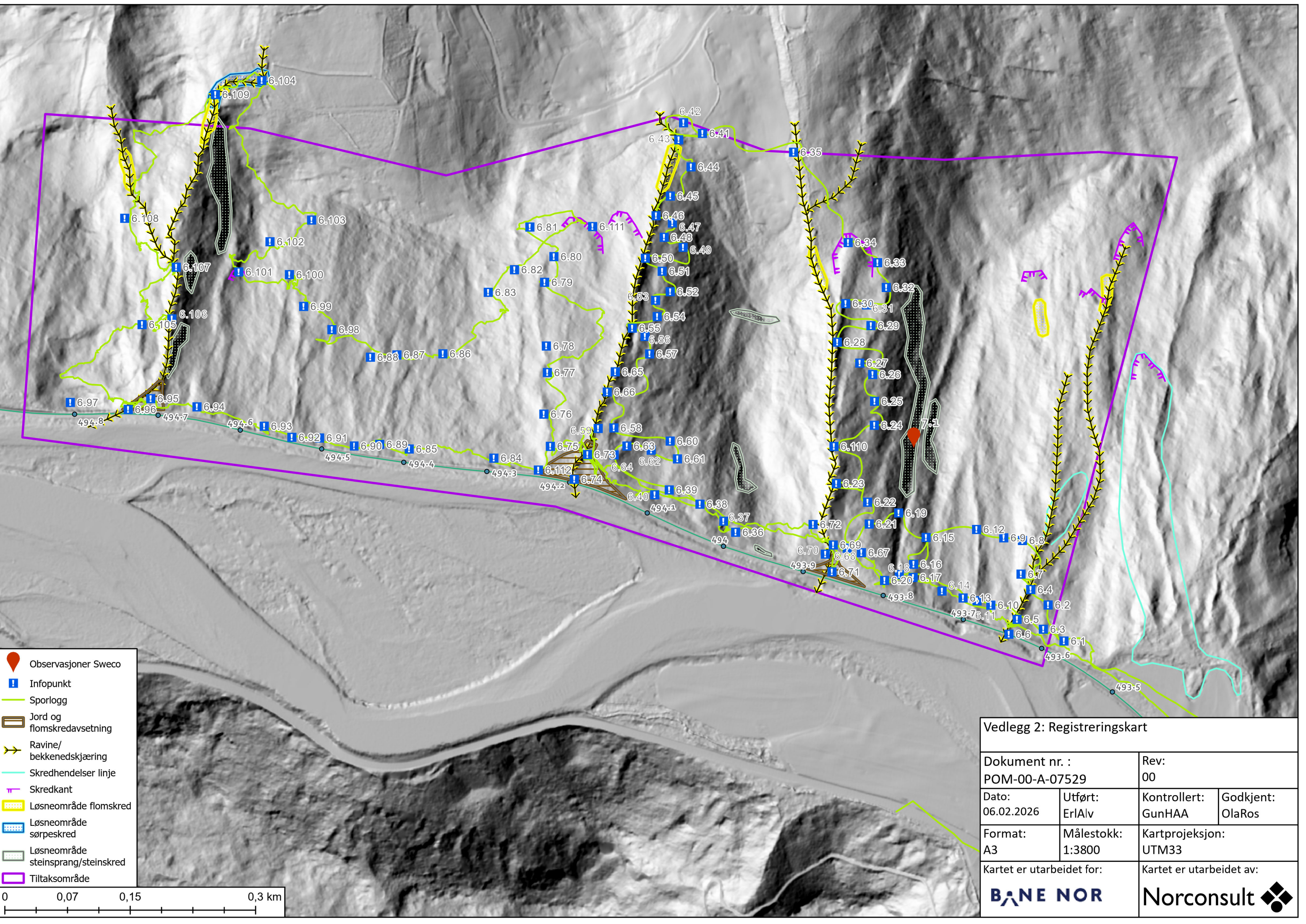
Dronebilde 7: flatt område like over tiltaksområdet (mot høyre i bildet), sett mot øst. Oransje stiplet linje viser definert forsenkning.



Dronebilde 8: Flatt område like over vestlig del av tiltaksområdet (nedover i bildet), sett ovenfra mot nord. Oransje stiplet linje viser definert forsenkning.



Dronebilde 8: Flatt område like over vestlig del av tiltaksområdet (mot høyre i bildet), sett ovenfra mot nord. Oransje stiplet linje viser definert forsenkning.



Vedlegg 2: Registreringskart

Dokument nr. : POM-00-A-07529		Rev: 00	
Dato: 06.02.2026	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:3800	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	

BANE NOR

Norconsult



Fanggjerde
vest

494-2

494-1

494

Fanggjerde
midt

493-9

493-8

Fanggjerde
Øst

493-7

493-6

□ Eiendom
BaneNOR

— Fanggjerde

Vedlegg 3: Fanggjerdetrasé
(side 1)

Dokumentnr. :
POM-00-A-07529

Tegning rev.:
00

Dato:
12.05.2026

Utført:
ErlAlv

Kontrollert:
GunHAA

Godkjent:
OlaRos

Format:
A3

Målestokk:
1:2000

Kartprojeksjon:
UTM33

Kartet er utarbeidet for:

Kartet er utarbeidet av:

BANE NOR

Norconsult 

0 50 100 200 m



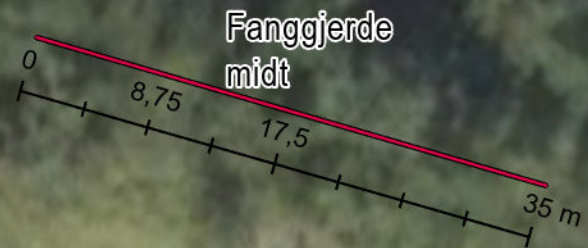
Fanggjerd
øst



493-7

493-6

Eiendom BaneNOR		Fanggjerde	
Vedlegg 3: Fanggjerdetrasé (side 2)			
Dokumentnr. : POM-00-A-07529		Tegning rev.: 00	
Dato: 12.05.2026	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:500	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	
BANE NOR		Norconsult	



493-9

493-8

 Eiendom BaneNOR		 Fanggjerde	
Vedlegg 3: Fanggjerdetrasé (side 3)			
Dokumentnr. : POM-00-A-07529		Tegning rev.: 00	
Dato: 12.05.2026	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:500	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	
		Norconsult 	



494-2

 Eiendom BaneNOR		 Fanggjerd	
Vedlegg 3: Fanggjerdetrasé (side 4)			
Dokumentnr. : POM-00-A-07529		Tegning rev.: 00	
Dato: 12.05.2026	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:500	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	
			



Fanggjerde
vest

494-2

494-1

494

Fanggjerde
midt

493-9

493-8

Fanggjerde
øst

493-7

493-6

Eiendom
BaneNOR

Fanggjerde

Vedlegg 3: Fanggjerdetrasé
(side 5)

Dokumentnr. :
POM-00-A-07529

Tegning rev.:
00

Dato:
12.05.2026

Utført:
ErlAlv

Kontrollert:
GunHAA

Godkjent:
OlaRos

Format:
A3

Målestokk:
1:2000

Kartprojeksjon:
UTM33

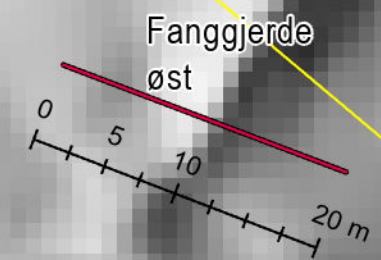
Kartet er utarbeidet for:

Kartet er utarbeidet av:

BANE NOR

Norconsult

0 50 100 200 m

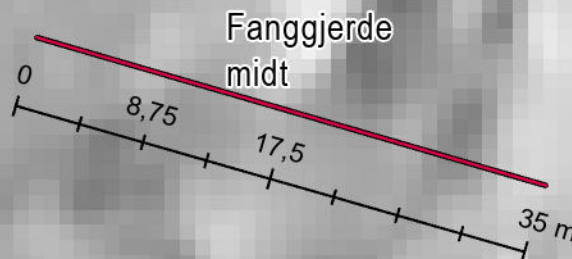


493.7

493.6

	Eiendom BaneNOR		Fanggjerd
---	--------------------	---	-----------

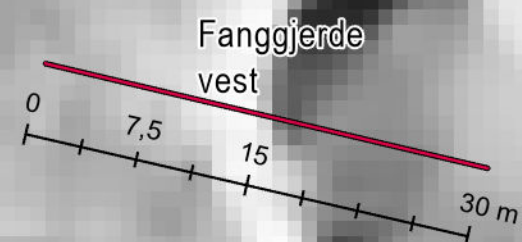
Vedlegg 3: Fanggjerdetrasé (side 6)			
Dokumentnr. : POM-00-A-07529		Tegning rev.: 00	
Dato: 12.05.2026	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:500	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	
			



493.9

493.8

Eiendom BaneNOR		Fanggjerde	
Vedlegg 3: Fanggjerdetrasé (side 7)			
Dokumentnr. : POM-00-A-07529		Tegning rev.: 00	
Dato: 12.05.2026	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:500	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	
BANE NOR		Norconsult	



494+2

 Eiendom BaneNOR		— Fanggjærde	
Vedlegg 3: Fanggjerdetrasé (side 8)			
Dokumentnr. : POM-00-A-07529		Tegning rev.: 00	
Dato: 12.05.2026	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:500	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	
			



Vedlegg 3: Fanggjærde trasé
Fanggjærde alle
(Side 9)



Vedlegg 3: Fanggjerdetrasé
Fanggjerde øst
(Side 10)



Vedlegg 3: Fanggjerdetrasé
Fanggjerde midt
(Side 11)



Vedlegg 3: Fanggjerdetrasé
Fanggjerde vest
(Side 12)

Norconsult		Vedlegg 4: Beregning forankring enkeltstag i berg			
Sign.	Dato	Oppdrag		Dokument nr.	
ErAlv	25.06.2026	Skredsikring Litløya-Granøylandet		POM-00-A-07529	
Kontroll	Dato				
GunHAA	25.06.2026				

BESKRIVELSE AV BEREGNING					
Beregning av forankringslengder stag, for fanggjerdte forankret i berg. Stagene monteres skrått mot bergoverflata. Avstanden mellom stagene er større en radiusen på teoretisk uttrekslegeme, slik at beregning for enkeltstag er gjeldende.					

INNDATA forankring					
Partialfaktor stål/kamstål	γ_m	1,15	-	[2]	Bruker 1,15 iht Eurokode 2. Glimmerskifer Faktor 2 pga. tildekt berg.
Diameter bolt	d_{bolt}	40	mm		
Diameter borhull	$d_{borhull}$	89	mm		
Heftfasthet bruddplan i bergmasse	τ_k	50	kPa		
Bruddvinkel for bergmassen	ψ	30	deg		
Bruddvinkel for bergmassen	ψ	0,523598776	rad		
Materialfaktor bergmasse	γ_m	2			

INNDATA Last					
Dimensjonerende i bolt	P_{bolt}	200	kN		Dimensjonerende strekk i anker

INNDATA mørtel					
Type mørtel	-	B35	-		Glimmerskifer, valgt gneis.
Dimensjonerende heftfasthet stål/mørtel	τ_k	2,4	MPa	[1]	
Karakteristisk heftfasthet mørtel/berg	τ_k	1,5	MPa	[1]	
Partialfaktor for materialfasthet mørtel	γ_m	1,25	-	[1]	
Dimensjonerende heftfasthet stål/mørtel	τ_k	1,92	MPa		
Dimensjonerende heftfasthet mørtel/berg	τ_d	1,2	MPa		

BEREGNINGER stabilitet mot uttrekking					
Ankervinkel	α	45,00	deg		Vinklede stag
Innboringslengde	λ	2,56	m		

BEREGNINGER forankring					
Karakteristisk kapasitet stag (flytkapasitet)	R_{kar}	525,00	kN		Hentet fra produktkatalog
Dimensjonerende kapasitet stag	R_{dim}	456,52	kN		
Utnyttet dimensjonerende kapasitet pr. bolt		0,44			OK, sjekker for dim. flytkapasitet

BEREGNINGER forankringslengder					
Inngysingslengde stål/mørtel	L_1	0,83	m	[1]	Dimensjonerende lengde
Inngysingslengde mørtel/berg	L_2	0,60	m	[1]	
Dimensjonerende inngysingslengde	L_d	0,83	m		
Innboringslengde, stabilitet av berg mot uttrekking	λ	2,56	m		

FIGUR: Prinsipp forankring					
Figur 10-24 Spiss vinkel mellom anker og bergoverflate $\lambda = \sqrt{\frac{\gamma_m \cdot P_p}{\tau_k \cdot \pi \cdot \tan(\psi \cdot \sin \alpha)}}$					

REFERANSER					
[1] N-V220, Statens vegvesen 2023					
[2] NS-EN 1992-1-1:2004+A1:2014+NA:2021, Standard Norge					